

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Teori

1. Instrumen Tes Multirepresentasi Fisika

a. Tes

Pengertian tes menurut Mardapi (2017:94) merupakan salah satu bentuk instrumen yang digunakan untuk melakukan pengukuran. Azwar (2016b:1) menjelaskan tes merupakan instrumen atau alat dalam pengukuran. Pengukuran sendiri, menurut Allen dan Yen (Mardapi 2017:4) dan Steven (Sumintono & Widhiarso, 2015:19) memiliki pengertian penetapan angka dengan cara yang sistematis melalui prosedur dan aturan tertentu untuk menyatakan keadaan individu (berupa kemampuan kognitif, psikomotor, maupun afektif) atau suatu objek.

Griffin dan Nix (Mardapi, 2017:5) menyebut bahwa kegiatan pengukuran, asesmen (atau sebutan lainnya adalah penilaian), dan evaluasi merupakan hierarki. Pengukuran membandingkan hasil pengamatan dengan kriteria, asesmen menjelaskan dan menafsirkan hasil pengukuran, dan evaluasi merupakan penetapan nilai dan implikasi dari hasil pengukuran terhadap suatu kebijakan tertentu yang perlu diambil/ diperbaiki. Namun, menurut Mardapi (2017:4) para ahli menyebutkan bahwa fokus utama dari asesmen (penilaian) adalah individu, sementara evaluasi berfokus kelompok/ kelas.

Suatu tes dibutuhkan untuk mengetahui apa saja yang telah dipelajari oleh siswa dalam proses pembelajaran. Wiliam (2013:1) menyatakan bila para siswa pasti memahami semua materi yang telah diajarkan, maka tes sudah tidak

dibutuhkan lagi. Guru hanya perlu membuat katalog dari pengalaman belajar yang telah disusun dan hal itu sekaligus memberikan informasi semua yang telah dipahami siswa dalam pembelajaran. Sayangnya, masih menurut Wiliam, seorang guru tidak dapat memastikan apa saja yang telah dipahami siswa, sebaik dan seteliti apapun guru yang bersangkutan merancang dan mengimplementasikan pembelajaran. Berbagai penelitian dalam komunitas pendidikan fisika menggunakan tes untuk memberitahu apakah siswa telah memahami konsep hukum Newton, termodinamika, listrik dan magnet, dan sebagainya (Etkina et al., 2006:1). Oleh karenanya, asesmen (penilaian) yang diperoleh dengan memberikan tes kepada pembelajar merupakan cara untuk mengetahui hasil dari pembelajaran yang telah dilakukan.

Selain itu, tes juga menjembatani antara pengajaran dan pembelajaran (Wiliam, 2013:1). Artinya, suatu tes akan memberikan informasi mengenai kompetensi yang telah dikuasai siswa, yang mana hal tersebut dibutuhkan siswa untuk meningkatkan prestasi belajarnya, tetapi tes juga memberikan umpan balik kepada guru untuk meningkatkan pengajarannya dari informasi hasil tes yang telah diperoleh. Hal tersebut juga disepakati Mardapi (2017:3) yang menyatakan bahwa penilaian yang bisa didapat dari hasil tes dan pembelajaran memiliki kaitan yang erat. Pembelajaran yang baik, akan memberi dampak hasil belajar yang baik yang dapat dilihat dari hasil tesnya. Kemudian, dari hasil tes akan mendorong pendidik untuk mengajar lebih baik, serta meningkatkan motivasi siswa untuk belajar dengan lebih baik.

Beberapa tujuan tes (Mardapi, 2017:96) antara lain, (1) mengetahui tingkat kemampuan peserta didik, (2) mengukur pertumbuhan dan perkembangan peserta didik, (3) mendiagnosis kesulitan belajar, (4) mengetahui hasil pembelajaran, (5) mengetahui pencapaian kurikulum, (6) mendorong peserta didik belajar lebih baik lagi, (7) mendorong pendidik melaksanakan pembelajaran yang lebih baik. Menurut Chittenden (Mardapi, 2017:13-14), kegiatan penilaian yang merupakan penafsiran dari hasil tes dalam pembelajaran perlu diarahkan pada 4 hal, yaitu (a) penelusuran, kegiatan penilaian dilakukan untuk mengetahui dan melakukan penelusuran mengenai kesesuaian antara pembelajaran yang direncanakan dengan yang terjadi, (b) pengecekan, penilaian dilakukan sebagai usaha untuk mencari informasi mengenai kekurangan atau kesulitan yang dialami siswa selama pembelajaran, meliputi apa yang telah dikuasai siswa dan apa yang belum mereka kuasai, (c) pencarian, penilaian dilakukan guru untuk mencari dan menemukan penyebab kelemahan dan kesulitan yang dialami siswa selama pembelajaran sehingga guru bisa mencari solusi untuk mengatasinya, (d) penyimpulan, penilaian digunakan untuk menyimpulkan pencapaian belajar siswa yang dibandingkan sesuai dengan kompetensi yang harus dicapai pada mata pelajaran tersebut sehingga dapat pula digunakan sebagai laporan hasil kemajuan belajar siswa. Musial et al. (Sumintono 2015:3-4) menerangkan bahwa penilaian yang merupakan penafsiran dari kegiatan pengukuran yang diperoleh dari hasil tes memiliki 5 tujuan, (a) memberikan umpan balik, (b) menentukan apa yang dipelajari selanjutnya, (c) diagnosis kesulitan belajar dan miskonsepsi, (d) menentukan kemajuan belajar dan mengetahui perkembangan, (e) sebagai alat

evaluasi dan akuntabilitas program. Dari beberapa pendapat tersebut dapat dirangkum bahwa dalam pembelajaran di kelas, tes biasanya ditujukan untuk mengetahui capaian hasil belajar dan tingkat kemampuan peserta didik, serta memberikan umpan balik, baik bagi siswa maupun untuk guru agar meningkatkan pembelajaran yang lebih baik.

Tes sendiri memiliki beberapa jenis yang ditinjau dari tujuan dilakukannya pengukuran tes (Mardapi, 2017:96-97), meliputi (a) tes penempatan yang dilakukan di awal pembelajaran, berguna untuk mengetahui tingkat kemampuan yang telah dipunyai siswa sehingga dari informasi tersebut bisa ditentukan apakah siswa tersebut memerlukan matrikulasi, tambahan pelajaran atau tidak, (b) tes diagnostik yang dilakukan untuk mengetahui kesulitan belajar (termasuk miskonsepsi) yang dialami siswa, (c) tes formatif yang dilakukan secara periodik sepanjang semester bertujuan untuk mengetahui keberhasilan pelaksanaan proses pembelajaran dan hasil belajar siswa (Mardapi, 2017:97) yang akan bermanfaat bagi guru untuk memperbaiki kualitas pembelajaran berikutnya (Sumintono & Widhiarso, 2015:3), (d) tes sumatif yang diberikan pada periode akhir masa belajar/ akhir semester bertujuan untuk menentukan keberhasilan belajar siswa (Mardapi, 2017:97), untuk mengetahui apa yang telah dipahami atau yang telah mampu dilakukan siswa (Sumintono & Widhiarso, 2015:3). Keempat bentuk tes dengan tujuannya masing-masing tersebut, dikategorikan oleh Azwar (2016b: 11) sebagai fungsi dari tes, yaitu fungsi penempatan, fungsi diagnostik, fungsi formatif, dan fungsi sumatif.

Untuk dapat memenuhi tujuan dan fungsinya sebagaimana mestinya, suatu tes harus memenuhi kriteria standar yang dapat dikategorikan sebagai tes yang baik. Tes yang baik adalah tes yang memenuhi kriteria valid dan reliabel (Mardapi, 2017:32; Azwar, 2016:3; De Ayala, 2009:3; Cohen & Swerdlik, 2009:254), juga dibuat sedemikian rupa agar mudah digunakan (Mardapi, 2017:32; Azwar, 2016a:3). Sumintono dan Widhiarso (2015:7) menyebutkan bahwa validitas dan reliabilitas tes merupakan hal penting yang harus dipenuhi agar hasil tes bisa dipercaya dan tepat digunakan.

Validitas (Mardapi, 2017:32) merupakan dukungan bukti dan teori terhadap penafsiran skor tes sesuai dengan tujuan penggunaan tes. Dahulunya, validitas itu dikategorikan berdasarkan tipenya, yaitu validitas isi, validitas kriteria, dan validitas konstruk (Sumintono & Widhiarso, 2015:8), tetapi saat ini digantikan dengan kategori validitas berdasarkan tipe pembuktian yang dipakai, meliputi (1) bukti berdasarkan isi tes (*kadang masih disebut validitas isi*) yang diperoleh dari suatu analisis hubungan antara isi tes dengan konstruk yang ingin diukur, terdiri dari validitas tampak dan validitas logis, (2) bukti berdasarkan proses respon yang menyangkut bagaimana siswa merespon butir yang buktinya dapat dikumpulkan melalui wawancara, (3) bukti berdasarkan struktur internal yang menunjukkan sejauh mana butir dan komponen tes sesuai dengan konstruk yang diukur yang pembuktiannya dapat dilakukan melalui analisis faktor atau analisis statistik yang menunjukkan struktur internal, (4) bukti berdasarkan keterkaitan dengan variabel lain yang meliputi bukti konvergensi dan bukti

diskriminasi, (5) bukti berdasarkan konsekuensi tes yang terkait dengan konsekuensi dari pengambilan keputusan yang didasarkan oleh skor tes.

Selain validitas, salah satu hal penting yang harus dipenuhi suatu tes adalah harus reliabel dan ajek, yang berarti pengukuran yang dilakukan dengan tes tersebut mendapatkan hasil yang konsisten (Sumintono & Widhiarso, 2015:10). Reliabilitas sebagai instrumen dapat dikategorikan menjadi tiga metode, yaitu stabilitas yang berupa koefisien yang menunjukkan hasil yang sama didapatkan dari pengulangan tes, ekuivalensi/ konsistensi antar penilai yang menunjukkan seberapa jauh dua tes yang paralel akan menghasilkan skor tes yang sama, dan konsistensi internal yang menunjukkan konsistensi hasil skor tiap butir dalam satu tes (Sumintono & Widhiarso, 2015:10; Mardapi, 2017:32). Batas penerimaan nilai konsistensi internal dari suatu tes yang telah reliabel adalah $>0,67$, yang mana semakin nilainya mendekati 1 maka reliabilitasnya berarti semakin baik (Sumintono & Widhiarso, 2015:85) bila didasarkan pada teori klasik.

Pada saat ini, kriteria validitas dan reliabilitas suatu tes maupun instrumen pengukuran lainnya diacu para ahli dan peneliti ke teori respon butir (Hambleton & Jones, 1993:40; Sumintono & Widhiarso, 2015:50; Istiyono, Mardapi, & Suparno, 2014:4). Teori respon butir (*Item Response Theory*) adalah teori pengukuran yang menjelaskan interaksi orang dan butir soal (Hambleton & Jones, 1993:40) sehingga dalam teori ini tidak bergantung pada sampel butir soal tertentu maupun orang yang dipilih dalam suatu ujian yang menyebabkan pengukuran yang dilakukan lebih akurat (Sumintono & Widhiarso, 2015:50). Dalam teori respon butir, suatu tes diestimasi apakah hasil analisis data ujicoba instrumen

yang dikembangkan *fit* terhadap suatu model yang dipilih, salah satunya yang paling sering digunakan adalah model kredit parsial (*Partial Credit Model*, PCM) (Hambleton, Swaminathan, & Rogers, 1991:12; De Ayala, 2009:16). Model PCM ini merupakan perluasan dari model parameter logistik 1-PL atau disebut juga model Rasch (Hambleton et al., 1991:12; Masters, 2016:109; De Ayala, 2009:19). Perbedaannya, model Rasch adalah model yang digunakan untuk data dikotomi (data dengan jawaban benar-salah), sementara pada model PCM merupakan data politomi (data dengan jawaban yang mempunyai beberapa langkah penyelesaian). Maka bisa dikatakan bahwa model PCM juga masih merupakan model dengan parameter logistik 1-PL. Model kredit parsial ini telah digunakan secara rutin untuk menganalisis data politomus pada program pengukuran tes baik di tingkat daerah dan internasional (Masters, 2016:110). Pada model parameter logistik 1-PL yang dilihat adalah parameter tingkat kesukaran dari suatu instrumen tes yang dikembangkan dan diujicobakan, dilambangkan dengan b . Batas kriteria tingkat kesukaran ini berada pada rentang -2 hingga +2 (Hambleton et al., 1991:54). Oleh sebab itu, dalam teori respon butir dengan model kredit parsial, validitas dan kelayakan suatu instrumen tes dilihat dari apakah butir-butir soal yang terdapat dalam instrumen tes tersebut fit dengan model yang dipilih, apakah keseluruhan butir memenuhi kriteria tingkat kesukaran yang ditoleransi, bagaimana kurva karakteristik aitem, serta bagaimana kurva fungsi informasi dan *standart error of measurement* (SEM) pada instrumen tes tersebut.

Kriteria lain selain validitas dan reliabilitas yang perlu diperhatikan agar suatu tes menjadi alat ukur yang baik adalah faktor mudah digunakan, praktis dan

ekonomis (Azwar, 2016a:5). Lebih lanjut, Azwar menjelaskan kemudahan ini bisa meliputi tidak rumit pelaksanaannya, tidak memakan banyak waktu, serta sebisa mungkin tidak membutuhkan banyak biaya. Artinya, dalam pembuatan dan pelaksanaan tes, diperlukan fleksibilitas terkait hal-hal teknis yang tidak memberatkan serta memperhatikan keterbatasan yang dimiliki peneliti maupun subjek yang menggunakan tes tersebut.

Dengan demikian, hal yang sangat perlu diperhatikan pada suatu tes, antara lain (1) validitas yang meliputi validitas isi, yaitu validitas tampang/konstruk dan validitas butir/logis, dan validitas berdasar struktur internal yang dilakukan melalui analisis statistik dengan model kredit parsial dalam teori respon butir dari hasil ujicoba tes yang dilakukan kepada peserta didik, (2) reliabilitas, dengan metode konsistensi internal yang menunjukkan konsistensi hasil skor tiap butir dalam satu tes, (3) faktor kemudahan, kepraktisan, dan ekonomis, yang hal tersebut terkait dengan keterbatasan yang dimiliki peneliti serta subjek yang akan menggunakan tes.

b. Instrumen Tes

Instrumen merupakan alat, cara, atau teknik yang menghubungkan apa yang diamati pada keadaan sebenarnya dengan sesuatu yang ingin diukur (Sumintono & Widhiarso, 2015:18). Tes sebagai instrumen berarti mengubah atribut yang diukur menjadi kuantitas (Azwar, 2016:3). Dalam konteks pembelajaran fisika, instrumen tes berarti alat untuk melihat kemampuan siswa yang sifatnya tersembunyi menjadi sesuatu yang dapat teramati melalui seperangkat tugas-tugas (dalam bentuk soal-soal) terkait kemampuan fisika yang

dimiliki siswa. Hambleton dan Jones (1993:44) menerangkan pengembangan suatu instrumen tes dalam 11 tahapan, yang meliputi (1) mempersiapkan spesifikasi tes, (2) mempersiapkan naskah atau paket tes, (3) melakukan ujicoba, (4) merevisi aitem tes, (5) pengembangan tes, (6) uji lapangan, (7) pengembangan akhir instrumen tes, (8) mengadministrasi tes, (9) menganalisis tes, (10) menyiapkan instruksi administrasi dan petunjuk teknis penggunaan tes, (11) mencetak dan mendistribusikan tes. Sementara itu, menurut Cohen dan Swerdlik (2009:233), proses pengembangan suatu tes itu meliputi 5 tahapan, yaitu mengonseptualisasikan tes, mengonstruksi tes, melakukan ujicoba tes, menganalisis aitem tes, dan melakukan revisi tes. Sedangkan Mardapi (2017:95) menjelaskan bahwa terdapat 9 langkah dalam mengembangkan dan menyusun instrumen tes yang dapat dijelaskan dengan lebih rinci sebagai berikut.

1) Menyusun spesifikasi tes

Langkah pertama kali dalam menyusun dan mengembangkan suatu instrumen tes adalah menetapkan spesifikasi tes yang menunjukkan keseluruhan karakteristik yang harus dipenuhi oleh instrumen tes tersebut sehingga memudahkan penyusun dalam menulisnya. Menyusun spesifikasi tes ini memiliki prosedur yang juga perlu dilakukan yaitu (a) menentukan tujuan tes, (b) menyusun kisi-kisi yang merupakan acuan bagi penulis instrumen karena berisi spesifikasi soal-soal yang akan dibuat meliputi menuliskan KI dan KD yang diambil dari kurikulum serta menentukan indikator dan jumlah soal tiap indikator yang hal itu dikembangkan oleh guru yang bersangkutan, (c) menentukan bentuk tes (bisa berupa soal pilihan ganda, uraian, dan lainnya)

yang harus dipilih dengan memperhatikan tujuan tes, jumlah peserta tes, waktu yang tersedia untuk memeriksa lembar jawaban, cakupan materi tes serta karakteristik mata pelajaran, dan (d) menentukan panjang tes.

2) Menulis tes

Dalam penulisan tes ini harus memperhatikan pedoman utama dalam pembuatan butir soal, yang dalam soal pilihan ganda menurut Ebel (Mardapi, 2017:103) meliputi, pokok soal harus jelas, pilihan jawaban homogen dalam arti isi, panjang kalimat pilihan jawaban relatif sama, tidak ada petunjuk jawaban benar, menghindari pilihan jawaban “semua benar” atau “semua salah”, pilihan jawaban angka diurutkan, semua pilihan jawaban logis, jangan menggunakan negatif ganda, kalimat yang digunakan sesuai dengan tingkat perkembangan peserta tes, bahasa Indonesia yang digunakan adalah bahasa Indonesia yang baku, letak pilihan jawaban yang benar ditentukan acak.

3) Menelaah tes

Kriteria telaah yang digunakan mengikuti pedoman telaah butir tes yang dilakukan terhadap kebenaran konsep, teknik penulisan, dan bahasa yang digunakan.

4) Melakukan ujicoba tes

5) Menganalisis butir tes

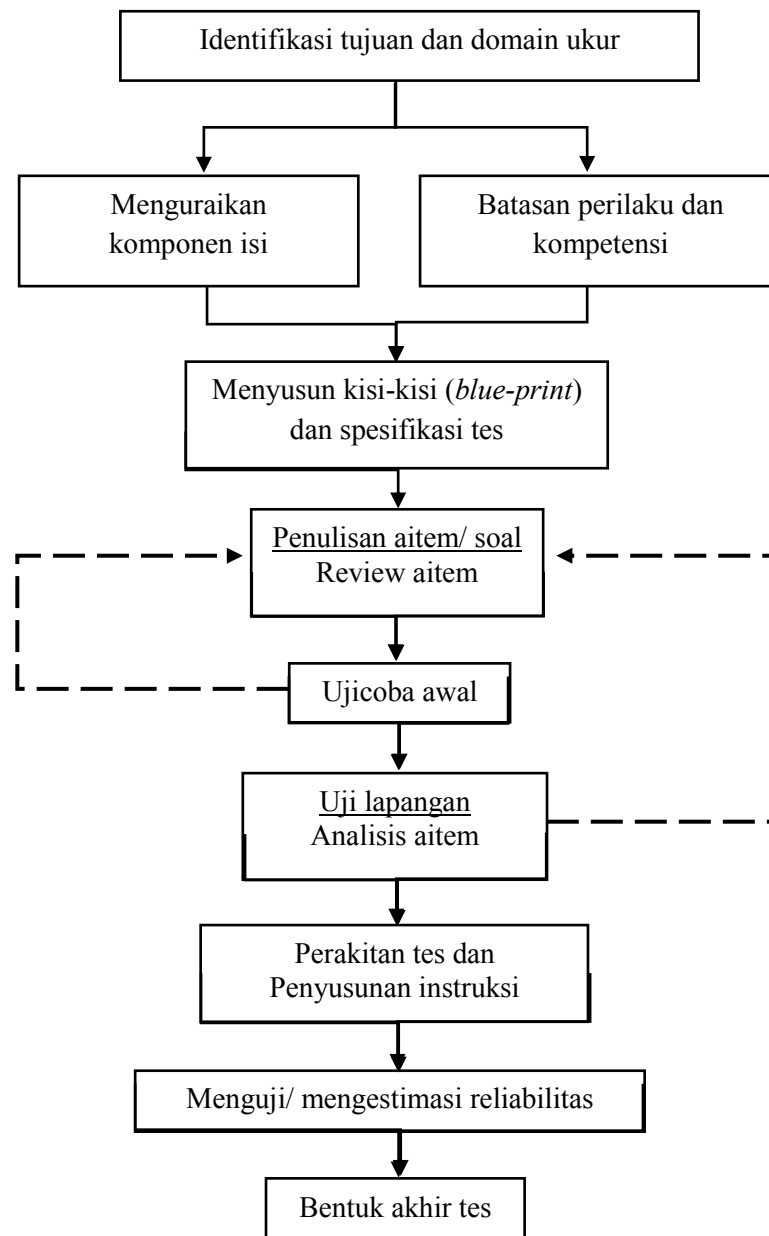
6) Memperbaiki tes

7) Merakit tes

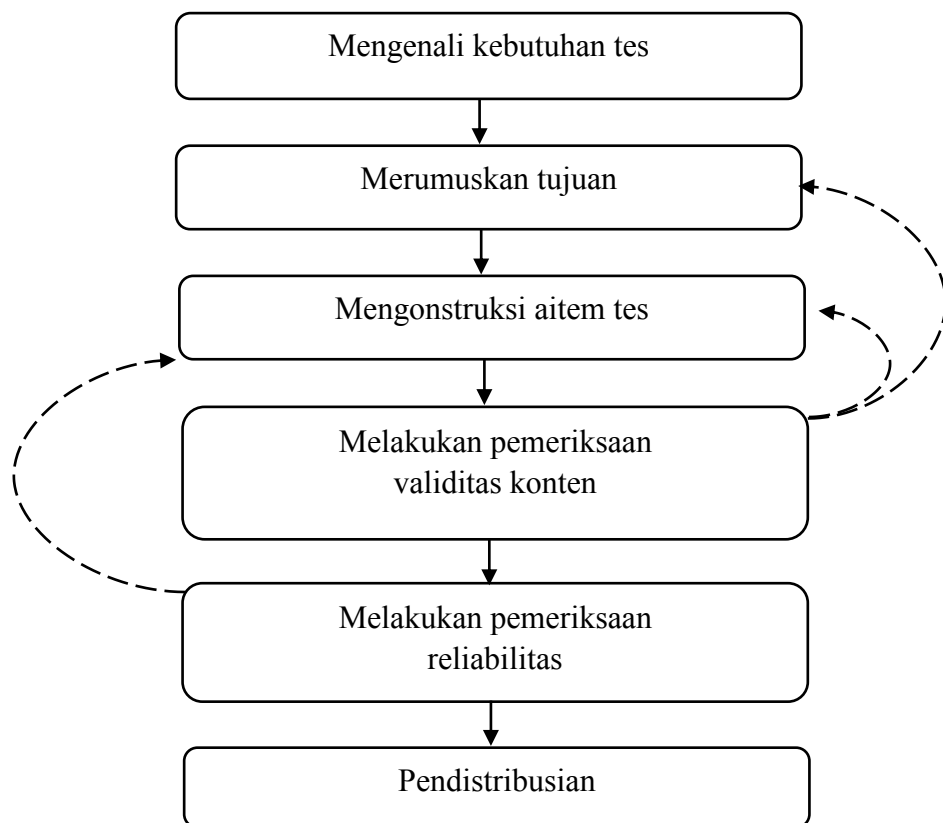
8) Melaksanakan tes

9) Menafsirkan hasil tes

Selain itu, Azwar (2016a:53; 2016b: 20) dan Beichner (1994: 753) juga mengajukan alur atau langkah-langkah pengembangan dan penyusunan instrumen tes. Gambar 1 dan gambar 2 berikut adalah alur atau tahapan perancangan instrumen tes dari kedua pendapat tersebut.



Gambar 1. Langkah Pengembangan Tes Menurut Saifudin Azwar



Gambar 2. Alur Pengembangan Tes Menurut Beichner

Berdasarkan berbagai penjelasan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa instrumen tes merupakan alat untuk melihat kemampuan siswa dalam bidang pelajaran tertentu melalui sekumpulan soal-soal yang disiapkan dengan mengikuti alur pengembangan pembuatan instrumen tes. Tabel 1 berikut adalah tahapan pengembangan dan penyusunan instrumen tes yang disintesis dari beberapa pendapat ahli.

Tabel 1. Tahapan Penyusunan Dan Pengembangan Instrumen Tes

Hambleton & Jones (1993:44)	Cohen & Swerdlik (2009:233)	Mardapi (2017:95)	Azwar (2016a:53; 2016b: 20)	Beichner (1994: 753)	Sintesis	Keterangan Tahapan yang Dilakukan
1. Mempersiapkan spesifikasi tes	1. Mengonseptualisasikan tes	1. Menyusun spesifikasi tes	1. Mengidentifikasi tujuan dan domain ukur	1. Mengenali kebutuhan tes	Menganalisis kebutuhan	Melakukan kajian pustaka Mengumpulkan data pra-penelitian
2. Mempersiapkan naskah atau paket tes	2. Mengonstruksi tes	2. Menulis tes	2. Menguraikan komponen isi dan batasan	2. Merumuskan tujuan	Menentukan tujuan tes	Merumuskan tujuan tes yang akan dikembangkan
3. Melakukan ujicoba	3. Melakukan ujicoba tes	3. Menelaah tes	3. Menyusun kisi-kisi dan spesifikasi tes	3. Mengonstruksi aitem tes	Menyusun kisi-kisi butir soal	Menuliskan KI dan KD yang diambil dari kurikulum mata pelajaran fisika SMA Menentukan indikator dan jumlah soal tiap indikator serta matriks soal
4. Merevisi aitem tes	4. Menganalisis aitem tes	4. Melakukan ujicoba tes	4. Penulisan aitem	4. Melakukan pemeriksaan validitas konten	Menulis aitem tes	Menulis aitem soal berdasarkan kisi-kisi yang telah disusun
5. Pengembangan tes	5. Melakukan revisi tes	5. Menganalisis butir tes	5. Ujicoba awal	5. Melakukan pemeriksaan reliabilitas	Menelaah tes atau melakukan validasi	Melakukan validasi yang meliputi validasi konstruk/ tampak dan validasi butir/ logis
6. Uji lapangan		6. Memperbaiki tes	6. Uji lapangan dan analisis aitem	6. Pendistribusian	Melakukan ujicoba	Melakukan ujicoba tes kepada peserta didik
7. Pengembangan akhir instrumen tes		7. Merakit tes	7. Perakitan tes dan penyusunan instruksi		Menganalisis butir tes	Menganalisis hasil tes dari ujicoba untuk mendapatkan validitas berdasar struktur internal dan reliabilitas
8. Mengadministrasi tes		8. Melaksanakan tes	8. Menguji reliabilitas		Merakit tes	Merakit kembali tes menjadi produk akhir yang telah valid, reliabel, dan layak digunakan
9. Menganalisis tes		9. Menafsirkan hasil tes	9. Bentuk akhir tes		Melakukan uji lapangan	
10. Menyiapkan instruksi administrasi dan petunjuk teknis penggunaan tes					Mendistribusikan tes	Mendiribuskan produk instrumen tes
11. Mencetak dan mendistribusikan tes.						

c. Multirepresentasi Fisika

1) Multirepresentasi

Kata ‘representasi’ sudah sangat sering digunakan dalam kajian penelitian pendidikan. Representasi sendiri dibedakan menjadi ‘representasi eksternal’ dan ‘representasi internal’ (Opfermann et al., 2017:2; Larkin & Simon, 1987:66; Johnson, Moher, Ohlsson, Leigh, 2001:201). Representasi internal adalah sebuah model mental (Johnson et al., 2001:201) yang dibangun oleh pembelajar yang berkaitan dalam konten pembelajaran tertentu (Opfermann et al., 2017:2), dan tersimpan di otak (Larkin & Simon, 1987:66). Sementara, representasi eksternal adalah pengetahuan dan struktur dari lingkungan bisa berupa simbol, objek, dimensi, hubungan yang terdapat pada konfigurasi fisik (Zhang, 1997:180) yang kemudian direkam di atas kertas, di papan tulis, atau di beberapa media lainnya (Larkin & Simon, 1987:66) serta pada beberapa bahan pembelajaran seperti buku teks (Meij & Jong, 2006:199). Menurut Larkin dan Simon (1987:66) ketika mengerjakan suatu masalah, manusia akan menggunakan dua-duanya, representasi internal dan juga representasi eksternal. Namun, penelitian dalam pendidikan yang dilakukan Gilbert dan Treagust dan banyak penelitian desain pembelajaran lainnya lebih menekankan penggunaan representasi dan multirepresentasi sebagai representasi eksternal, baik secara eksplisit ataupun tidak (Opfermann et al., 2017:3). Dengan kata lain, representasi yang dibahas dalam pembelajaran dan pemecahan masalah adalah bentuk nyata-tertulis yang digunakan siswa dalam memahami konteks pembelajaran, bukan yang berbentuk model mental yang masih berada di pikiran (otak) siswa.

Secara konvensional, representasi sering dianggap sebagai cara yang efisien dan efektif untuk memperkenalkan dan mengilustrasikan konsep abstrak agar bisa dipahami. Menurut Hubber dan Tytler (2017:140) representasi adalah alat penalaran yang bisa digunakan untuk membayangkan, memvisualisasikan, dan memodelkan fenomena fisika. Hal senada juga disampaikan oleh Hestenes (1996:8) yang menyebutkan bahwa representasi merupakan sebuah model dari struktur yang terdapat pada sistem fisik dan propertinya. Penjelasan lainnya dari Hubber dan Tytler (2017:159) terhadap representasi adalah mediator aktif dalam proses pembelajaran dan fitur mendasar dari struktur pengetahuan. Pendapat lainnya, representasi adalah sesuatu yang mewakili atau melambangkan objek dan atau proses (Rosengrant et al., 2006:49; Rosengrant et al., 2007:149; Ainsworth, 2006:184). Oleh sebab itu, representasi memiliki beberapa hal yang harus dipenuhi (Ainsworth, 2006:184), yaitu adanya sesuatu yang diwakili, adanya hal yang mewakili, terdapat aspek dari sesuatu yang diwakili, terdapat pula aspek dari hal yang mewakili, serta hubungan antara aspek yang diwakili dan yang mewakili, sehingga efektivitas representasi akan tergantung dari informasi yang terkandung dari suatu hal yang diwakili dan cara menyajikan hal tersebut.

Representasi eksternal yang digunakan ketika mengerjakan masalah dalam fisika dibagi pula menjadi representasi kuantitatif yang meliputi representasi matematis, dan juga representasi kualitatif, yang meliputi gambar, grafik, diagram (van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184; Tsui & Treagust, 2003:111, Ainsworth, 2006:190; Booth & Koedinger, 2012:494; Kohl & Finkelstein, 2006:1; van der Meij & de Jong, 2006:200; Rosengrant, et al., 2007:149). Para ahli sering

menggunakan representasi kualitatif, seperti gambar, grafik, diagram, untuk membantu mereka memahami masalah sebelum mereka menggunakan persamaan matematis dan menyelesaikannya secara kuantitatif (van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184). Hal tersebut juga disebutkan oleh Rosengrant et al. (2007:149) bahwa beberapa representasi seperti representasi diagram lebih konkret dan sering digunakan untuk memudahkan memahami konsep yang abstrak, sementara representasi matematis lebih dibutuhkan ketika menyelesaikan masalah yang berkaitan dengan kuantitatif. Oleh sebab itu, ketika mengonstruksi dan menggunakan pengetahuannya, ilmuwan sering merepresentasikan pengetahuan itu ke beragam cara, menggunakan satu representasi untuk membantu mengonstruksi representasi yang lain (Etkina et al., 2006:2; Kohl & Finkelstein, 2017:231). Hal itulah yang sering dipahami sebagai definisi multirepresentasi. Sementara itu, pengertian multirepresentasi yang lebih lugas dikemukakan oleh Ainsworth (Ainsworth, 2006:184; Opfermann et al., 2017:3), yaitu penggunaan dua atau lebih representasi eksternal secara simultan, berganti-gantian atau bersamaan. Senada dengan pendapat itu, Dvorakova (2012:239) secara tersirat menyebutkan multirepresentasi merupakan cara merepresentasikan suatu informasi dengan beragam cara. Kohl dan Finkelstein mendefinisikan (2006:1) bahwa kemampuan multirepresentasi merupakan kemampuan siswa dalam menginterpretasikan dan menerapkan berbagai macam representasi (baik itu verbal, grafik, diagram, dan matematis) pada konsep dan masalah fisika.

Multirepresentasi memiliki 3 fungsi utama (Ainsworth, 1999:135; Ainsworth, 2006:184), antara lain berfungsi sebagai pelengkap, baik itu sebagai

informasi maupun proses pelengkap, sebagai pembatas sehingga satu representasi yang digunakan akan membatasi kemungkinan kesalahan interpretasi dalam penggunaan representasi yang lainnya, serta berfungsi untuk membangun pemahaman yang lebih mendalam terhadap suatu topik pembelajaran atau situasi masalah. Peran multirepresentasi sebagai informasi pelengkap dimaksudkan bahwa setiap bentuk representasi itu mengandung informasi tertentu yang menjadi kekhasan masing-masing. Oleh karena itu, tidak mungkin satu representasi mengandung semua informasi yang dibutuhkan dalam mempelajari semua topik pelajaran, bahkan ketika dipaksakan pun akan menyulitkan siswa untuk memahaminya sehingga penggunaan multirepresentasi akan memberikan informasi yang utuh dan saling melengkapi dari berbagai jenis representasi tersebut (Ainsworth, 1999:136; Ainsworth, 2006:188). Sementara peran multirepresentasi sebagai proses pelengkap berkaitan dengan penggunaannya dalam menyelesaikan masalah. Dengan memanfaatkan multirepresentasi, siswa dapat mengombinasikan kekuatan dan kelemahan dari tiap-tiap representasi sehingga kelemahan pada representasi tertentu bisa ditutup dengan kelebihan dari representasi lain yang akan membuat proses dalam menyelesaikan masalah menjadi lebih lengkap (Ainsworth, 1999:137; Ainsworth, 2006:188). Multirepresentasi yang berfungsi sebagai pembatas dimaksudkan ketika menggunakan multirepresentasi yang mana representasi pertama akan berfungsi untuk membatasi representasi yang kedua. Hal itu bisa dilakukan dengan dua cara (Ainsworth, 2006:188-189), siswa yang lebih akrab dengan representasi tertentu akan membatasinya dalam menginterpretasi representasi yang kurang akrab

sehingga kesalahan pemahaman juga dapat dibatasi, kemudian bentuk fungsi pembatas lainnya dapat dilakukan dengan mengambil keuntungan dari sifat atau karakteristik dari suatu jenis representasi, misalnya representasi verbal yang pada kasus tertentu masih membingungkan bisa dibantu dengan menggunakan representasi diagram untuk memperjelasnya.

Alasan pentingnya multirepresentasi adalah karena struktur pengetahuan fisika itu sendiri yang membutuhkan beragam representasi (multirepresentasi) agar bisa dipahami dengan baik. Opfermann et al. (2017:2) menerangkan bahwa fisika menggunakan model matematika untuk menerangkan suatu fenomena dan menjelaskan kaitan antara variabelnya. Misalnya, hukum gravitasi Newton, akan bisa dipahami dan diterapkan untuk memecahkan masalah yang berbeda ketika kaitan fungsinya digunakan dalam formula matematika. Selain itu, masih menurut Opfermann et al, beberapa sistem objek fisika dan prediksi gerakannya sering dijelaskan secara verbal dan digambarkan dalam bentuk diagram. Oleh sebab itu, representasi verbal dan matematis, membutuhkan representasi grafik diikuti juga representasi diagram untuk menjelaskan makna fisis yang terkandung pada suatu konsep fisika. Menurut Wong et al. (2011:178), multirepresentasi menjadi sangat penting karena dapat membantu ketika siswa dihadapkan pada situasi untuk menginterpretasi suatu representasi yang tidak familiar bagi siswa atau representasi yang lebih abstrak melalui representasi yang lebih akrab oleh siswa. Selain itu, representasi juga mendorong dalam mengonstruksi pemahaman yang lebih mendalam ketika siswa mengintegrasikan informasi dari beberapa representasi yang akan sulit dicapai jika hanya menggunakan satu jenis

representasi saja. Selain itu, van der Meij dan de Jong (2006:200) juga menerangkan 3 manfaat dari multirepresentasi, yaitu setiap representasi dapat memperlihatkan spesifik aspek dari topik yang dipelajari, lingkungan pembelajaran dengan multirepresentasi akan membatasi kesalahan siswa dalam menginterpretasikan suatu representasi oleh pemahaman dari representasi yang lain, dan multirepresentasi dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap suatu topik pembelajaran.

Beberapa peneliti lainnya juga telah banyak meneliti berbagai manfaat dan pengaruh positif dari multirepresentasi terhadap pembelajaran fisika. Multirepresentasi membantu siswa memahami masalah fisika dan menyelesaikannya dengan lebih baik (Nguyen & Rebello, 2009:221; Dufresne et al., 1997:272; Ainsworth, 1999:137; Wong et al., 2011:185; Dvorakova, 2012:239; Rosengrant et al., 2007:150), meningkatkan pemahaman konsep siswa (Kurnaz & Arslan, 2014:627; Wong et al., 2011:185; Tsui & Treagust, 2003:117; Savinainen et al., 2013:372), meningkatkan kemampuan komunikasi (Kusumawati, 2015:63), meningkatkan hasil belajar (Ishafit, 2014:232; Savinainen et al., 2013:376), membuat persepsi siswa terhadap fisika dan pembelajaran fisika menjadi baik (Ishafit, 2014:232; Kurnaz & Arslan, 2014:629; Wong et al., 2011:183), dan meningkatkan minat dan motivasi belajar (Tsui & Treagust, 2003:117) sehingga memainkan peran penting dalam mempromosikan kondisi untuk pembelajaran yang efektif (Ainsworth, 1999:131).

Namun, Ainsworth (1991:232) mengungkapkan bahwa siswa juga menemui kesulitan dalam menerjemahkan antar-representasi. Tapi, Nguyen dan

Rebello (2009: 224) menemukan bahwa ketika siswa terbiasa dengan multirepresentasi maka kesulitan yang mereka hadapi saat memecahkan masalah, bisa mereka atasi dengan lebih baik. Pendapat Hubber dan Tytler (2017:158) juga menyebutkan bahwa walaupun terjadi kesalahpahaman atau pemahaman yang keliru dalam pembelajaran multirepresentasi, hal itu disebabkan karena koordinasi yang tidak lengkap dari representasi dengan referensinya, atau antara beragam representasi yang memerlukan koordinasi yang memiliki penjelasan yang rumit. Makanya, proses menciptakan dan mengordinasikan berbagai jenis representasi dalam multirepresentasi merupakan bagian dari proses induksi ke dalam literasi sains (Hubber & Tytler, 2017:159) yang memerlukan proses pembiasaan.

Makanya, menurut Etkina et al. (2006:4) beberapa tipe aktivitas multirepresentasi yang bisa dilakukan, antara lain (a) menunjukkan siswa dengan satu representasi dan meminta mereka membuat representasi yang lain, (b) menunjukkan siswa dengan dua atau lebih representasi dan meminta mereka mengecek kesesuaian dan konsistensi diantaranya, (c) menunjukkan siswa dengan satu representasi dan meminta mereka memilih konsistensi dari pilihan ganda atas ragam representasi yang lain [misalnya menunjukkan deskripsi matematis sebagai masalah dan meminta siswa memilih konsistensi yang serupa dari masalah itu dengan deskripsi kata-kata dari proses tersebut], (d) meminta siswa menggunakan minimal satu representasi saat menyelesaikan masalah. Sementara itu, van der Meij & de Jong (2006:200) menyatakan bahwa dalam multirepresentasi terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan, diantaranya adalah siswa harus memahami ciri masing-masing representasi (misalnya pada representasi grafik terdapat yang

namanya sumbu, bentuk garis, kemiringan garis), siswa harus memahami bagian mana dari topik yang direpresentasikan, siswa harus bisa mengaitkan antara satu representasi dengan representasi lain bila tiap-tiap representasi itu menyajikan informasi yang sama, siswa harus dapat menerjemahkan di antara representasi tersebut, misalnya menginterpretasikan kesamaan ataupun perbedaan dari dua bentuk representasi. Etkina et al. (2006:3) merumuskan kemampuan multirepresentasi yang harus dipenuhi oleh siswa dalam memecahkan masalah fisika, yaitu (1) kemampuan untuk memahami informasi dengan ringkas dan tepat dari suatu representasi, (2) kemampuan untuk menyusun atau menciptakan kembali jenis representasi yang lain dari suatu representasi yang berbeda, (3) kemampuan menilai konsistensi dari berbagai macam bentuk representasi dan melakukan modifikasi saat diperlukan.

Multirepresentasi digunakan untuk beragam tujuan, karena itu tujuan yang berbeda akan menyebabkan berbeda pula bentuk penilaiannya (Ainsworth, 1999:147). Ketika multirepresentasi digunakan sebagai proses maupun sebagai informasi pelengkap, siswa tidak terlalu diharuskan untuk menerjemahkan antar representasi. Penilaiannya bisa dilakukan dengan melihat kompetensi yang perlu dimiliki siswa dalam tiap-tiap representasi. Asalkan siswa telah memahami aspek yang harus dikuasai pada masing-masing representasi, hal itu sudah memberikan informasi kepada guru mengenai efektivitas penggunaan multirepresentasi (Ainsworth, 1999:148). Kemudian, saat multirepresentasi digunakan sebagai pembatas interpretasi untuk membantu memahami hubungan antar representasi yang kompleks, penilaian juga dapat dilakukan dengan mengukur kemampuan

siswa dalam menguasai masing-masing representasi secara terpisah. Sementara, untuk membantu mendorong pemahaman yang lebih mendalam melalui abstraksi ataupun ekstensi, siswa harus memahami keterkaitan antar representasi sehingga penilaiannya juga harus melihat pemahaman siswa dalam menerjemahkan antar representasi (Ainsworth, 1999:149). Dari pendapat tersebut, maka penilaian multirepresentasi harus memperhatikan indikator kemampuan multirepresentasi pada tiap aspek, yaitu aspek representasi verbal, representasi grafik, representasi diagram, dan representasi matematis sebagai acuan bahwa peserta didik telah menguasai kemampuan multirepresentasi dengan baik.

a) Representasi Verbal

Dalam fisika, prinsip teori maupun masalah yang terjadi sering dideskripsikan dalam bentuk verbal (Etkina et al., 2006:3; William, 1999:670). Bagaimana suatu bahasa atau kalimat yang digunakan untuk menerangkan suatu konsep fisika tersebut merupakan hal yang penting (Touger, 1991:90), namun peranan penting bahasa dan verbal dalam sains dan fisika ini sering diremehkan (William, 1999:670; Jacobs, 1989:398). Padahal, Ainsworth dan Loizou (2003:680) menegaskan bahwa suatu konsep tidak akan bisa disajikan tanpa menggunakan teks/ kata-kata sama sekali. Hal tersebut secara gamblang menyebutkan bahwa fisika sangat memerlukan representasi verbal.

Representasi verbal berhubungan dengan deskripsi konseptual mengenai suatu konsep yang digunakan untuk menerangkan suatu fenomena dalam perseptif pemahaman ilmiah (Guttersrud & Angell, 2010:2). Prinsip representasi verbal adalah menggunakan bahasa (kata atau kalimat) untuk menginterpretasikan,

mendiskusikan, mendefenisikan, atau menjelaskan ide atau konsep, serta mengaitkan ide itu ke situasi kontekstual yang terjadi sehari-hari (Huinker, 2015:5). Representasi verbal sering dilakukan siswa dengan membuat penjelasan mengenai suatu konsep atau topik dari interpretasi mereka sendiri, dan kadang siswa membangun analogi dari konsep tersebut berdasar imajinasi dan pengalaman yang familiar dengan siswa tersebut (Ainsworth & Loizou, 2003:679) dalam menyelesaikan suatu masalah (Klenk & Forbus, 2007:3). Representasi verbal bisa mencakup juga analogi (Podolefsky & Finkelstein, 2007:164; Holyoak, 2012:234). Analogi menurut Podolefsky (2007:164) merupakan cara yang menghubungkan suatu konsep abstrak ke suatu hal yang familiar bagi siswa agar lebih mudah dipahami. Menurut Holyoak (2012:234) analogi adalah menghubungkan kesamaan bentuk umum suatu konsep atau fenomena, meskipun objeknya berbeda dan situasinya juga berbeda. Analogi ini juga erat kaitannya dengan metafora yang selalu menggunakan kata-kata sehari-hari (Holyoak, 2012:236). Namun, metafora sebagai representasi eksternal (dalam hal ini menjadi bagian dari representasi verbal) masih menjadi perdebatan. Beberapa peneliti menyebutkan bahwa metafora merupakan representasi internal karena masih sangat abstrak dan kompleks (masih dalam bentuk model mental atau pemikiran), serta susah direpresentasikan secara eksternal. Menurut Murphy (1996:175-190), bila ingin menjadikan metafora sebagai representasi eksternal, maka harus melihat metafora melalui perspektif yang lemah/ dangkal, yaitu dari perspektif tentang struktur persamaan. Artinya, metafora dilihat sebagai sebagai bentuk kalimat yang menghubungkan suatu konsep atau fenomena berdasarkan kesamaan. Jadi, dalam

analogi ataupun metafora ini siswa dapat membangun pemahaman mereka terhadap suatu konsep lewat kata-kata mereka sendiri dengan menghubungkan kemiripan konsep tersebut ke hal-hal yang mereka sering temui atau alami dalam kehidupan sekitar mereka.

Representasi verbal yang sangat penting dalam pelajaran fisika memiliki banyak keunggulan dan manfaat yang telah banyak dibahas oleh para peneliti. Menurut Touger (1991:94), setiap guru yang baik akan memperhatikan representasi verbal secara sungguh-sungguh dalam mengajarkan topik pelajaran agar informasi dan pemahaman yang diterima oleh siswa juga akurat, sehingga kata-kata tidak akan "menggagalkan" kita. Sebab, banyak kata-kata dan metafora dalam fisika mencapai defenisi yang lengkap dan utuh, setelah melewati proses penelitian dan kebiasaan dari waktu ke waktu (Williams, 1999:670), sehingga representasi verbal tidak bisa dianggap sebelah mata. Penggunaan representasi verbal yang akurat dengan menghubungkannya pada situasi yang terjadi sehari-hari, metafora, maupun analogi merupakan hal yang sangat penting dalam memahami makna dari suatu konsep yang abstrak (Karam, 2014:11) yang akan mengurangi kesalahpahaman pada siswa mengenai konsep atau prinsip fisika yang mereka pelajari (Touger, 1991:94). Oleh sebab itu, representasi verbal yang dibentuk dari kata-kata, menjadi sandi atau bagian yang sangat penting bagi siswa dalam membantu pemahaman mereka terhadap subjek yang sedang dipelajari ataupun terhadap masalah yang akan dipecahkan (Touger, 1991:94; van der Meij & de Jong, 2006:200). Diantara indikator yang perlu diperhatikan dalam representasi verbal (Touger, 1991:92), adalah mengesktrak makna dari kata-kata/

istilah pada definisi/ konsep fisika, menyimpulkan makna dimana kata-kata dirangkai dari suatu konsep/ definisi dalam topik fisika.

Namun, peneliti lain juga merumuskan berbagai macam hal yang menjadi kesulitan siswa ketika bekerja dengan representasi verbal ini yang harus menjadi perhatian. Penelitian Cari et al. (2016:2) menyebutkan bahwa terdapat banyak sekali konsistensi terhadap jawaban yang salah pada penyelesaian masalah yang dilakukan mahasiswa pada topik Hukum I Newton dan banyak kesalahan pada representasi verbal pada topik kinematika. Nguyen dan Rebello (2011:561) mengidentifikasi beberapa kesulitan siswa dalam memecahkan masalah terkait representasi verbal, antara lain siswa tidak yakin terhadap prinsip yang digunakan dalam menyelesaikan masalah, menuliskan prinsip yang keliru, menggunakan kuantitas/ besaran fisik yang tidak tepat dalam menjelaskan situasi, dan kebingungan di antara beragam kuantitas fisik. Menurut beberapa ahli yang lain (Williams, 1999:676; Singh & Marshman, 2013:46), kekeliruan atau kesalahpahaman pada fisika terkait dengan representasi verbal ini seringkali disebabkan oleh perbedaan definisi antara kata-kata atau istilah dalam konsep fisika dengan maknanya dalam penggunaan sehari-hari, seperti gaya, massa, berat, dan usaha. Namun, kita tidak dapat membatasi makna bahasa sehari-hari hanya agar bisa sejalan dengan definisinya terhadap konsep fisika, tetapi kita juga tidak dapat mentransformasi istilah atau kata-kata fisika tersebut dengan membuatnya istilah baru yang akan berkemungkinan malah menjauh dari kata yang tepat. Hal yang bisa dilakukan antara lain, (1) menyepakati pernyataan yang tepat dari prinsip-prinsip penting, (2) menyetujui perubahan definisi dari kata-kata

yang umum agar mendapatkan makna yang semakin akurat, (3) menyepakati makna dari kata-kata atau istilah yang digunakan bersama pada beragam disiplin ilmu, (4) mengadopsi sumber pengetahuan dari buku teks yang sangat berhati-hati menggunakan istilah atau kata-kata yang akurat sehingga tidak menimbulkan kesalahan konseptual (5) menggunakan bahasa yang tepat dalam pembelajaran fisika, (6) menekankan ketepatan definisi dalam menjelaskan atau menerangkan suatu konsep fisika.

Penelitian yang dilakukan Jacobs (1989:397) menyoroti perbedaan antara pemahaman aktual yang dimiliki siswa dan persepsi yang mereka klaim dengan penandaan 'indeks delusi' terhadap suatu kata. Hasilnya menyebutkan bahwa rata-rata mahasiswa merasa telah memahami makna suatu kata, tetapi ternyata keliru pada 15 kata dari 25 kata yang diujikan. Padahal, kata-kata tersebut merupakan kata-kata yang biasa digunakan dalam perkuliahan dan kehidupan sehari-hari. Hal ini menunjukkan bahwa dalam pengajaran fisika di tingkat universitas, ternyata tidak cukup perhatian kepada kata-kata dan bahasa yang digunakan untuk mengekspresikan dan menjelaskan konsep-konsep fisika. Oleh karenanya, menurut Jacobs (1989:399) hal yang perlu diperhatikan dalam representasi verbal pada pembelajaran fisika adalah membantu siswa untuk melakukan interpretasi makna dari kata-kata atau kalimat yang terdapat dalam prinsip atau hukum fisika.

Dari beberapa pendapat mengenai langkah yang perlu dilakukan untuk menguasai aspek representasi verbal dan kemampuan yang dibutuhkan dalam membuat representasi verbal yang telah dikemukakan oleh beberapa peneliti, maka dapat diperoleh indikator-indikator yang harus dimiliki siswa sebagai ukuran yang

dapat memberikan petunjuk mengenai kompetensi kemampuan yang harus dikuasai siswa dalam aspek representasi verbal pada tabel 2.

Tabel 2. Indikator Representasi Verbal

Indikator Representasi Verbal Menurut Para Ahli		Sintesis
Jacobs (1989:399)	1. interpretasi makna dari prinsip atau hukum fisika.	1. membangun interpretasi terhadap prinsip atau hukum fisika 2. menghubungkan definisi atau konsep fisika pada situasi yang terjadi sehari-hari 3. membuat metafora atau analogi dari prinsip atau konsep fisika
Touger (1991:92)	1. mengesktrak makna dari kata-kata/ istilah pada defenisi/ konsep fisika 2. menyimpulkan makna dimana kata-kata dirangkai dari suatu konsep/ defenisi dalam topik fisika.	
Ainsworth dan Loizou (2003:679)	1. membuat penjelasan mengenai suatu konsep atau topik dari interpretasi mereka sendiri 2. membangun analogi dari konsep tersebut berdasar imajinasi dan pengalaman yang familiar	
Karam (2014:11)	1. memahami makna dari suatu konsep atau prinsip fisika 2. menghubungkan defenisi atau konsep fisika pada situasi yang terjadi sehari-hari 3. membangun metafora atau analogi dari prinsip atau konsep fisika	
Podolefsky dan Finkelstein (2007:164) ; Holyoak (2012:236)	1. membuat analogi atau metafora (menghubungkan kemiripan konsep tersebut ke hal-hal yang sering temui atau alami dalam kehidupan sekitar).	

Berdasarkan tabel 2 tersebut, maka diperoleh indikator kemampuan aspek representasi verbal yang meliputi membangun interpretasi terhadap prinsip atau hukum fisika, menghubungkan definisi atau konsep fisika pada situasi yang terjadi sehari-hari, dan membuat metafora atau analogi dari prinsip atau konsep fisika.

b) Representasi Grafik

Menggambar sebuah grafik merupakan bagian dasar dalam fisika (Deacon, 1999:270; Bahtaji & Roleda, 2014:2). Banyak materi pelajaran dalam fisika yang perlu disajikan dalam bentuk grafik, terutama ketika menyajikan hasil eksperimen. Data ilmiah seringkali dikomunikasikan melalui sebuah grafik karena dapat lebih cepat dikenali dan diekstraksi informasi yang penting dari datanya (Planinic et al., 2013:1). Oleh sebab itu, menggambar dan menginterpretasikan grafik dengan baik merupakan kemampuan dasar yang dimiliki ilmuwan (Beichner, 1994:750; Merhar, Paninsic, & Cepic, 2009:173) dan sangat penting dalam memahami banyak topik dalam fisika (McDermott, Rosenquist, & van Zee, 1987:511; Petrova, 2016:123; Planinic et al., 2013:1) maupun matematika (Ivanjek et al., 2016:1).

Grafik sendiri memiliki berbagai jenis, diantaranya grafik garis lurus [*horizontal line graph*], grafik dengan kemiringan [*slope graph*] (McDermott et al., 1987:511; Shah & Hoeffner, 2002:51), grafik pai [*pie chart*], grafik batang [*bar chart*] (Shah & Hoeffner, 2002:53). Secara umum, grafik garis sangat baik digunakan untuk data yang ingin ditunjukkan dengan tampilan dalam sumbu x-y, grafik pai cocok digunakan untuk melihat proporsi data. Namun, tidak ada format grafik yang lebih baik dibandingkan format grafik lainnya (Shah & Hoeffner, 2002:54), melainkan disesuaikan dengan tujuan yang dibutuhkan dalam menampilkan data yang diperoleh ke bentuk grafik.

Berdasarkan materi fisiknya, grafik lebih sering terdapat pada materi gerak, meliputi grafik perpindahan terhadap waktu, grafik kecepatan terhadap

waktu, dan grafik percepatan terhadap waktu. Namun, beberapa topik lain juga bisa dihubungkan dengan representasi grafik seperti grafik massa terhadap volume, grafik perbandingan zat terlarut terhadap zat pelarut, grafik perbandingan transfer panas terhadap kenaikan suhu (McDermott et al., 1987:511), juga pada topik termodinamika (misalnya profil suhu dalam berbagai keadaan), elektromagnet, atau optik geometri (Menhar et al., 2009:174).

Grafik memberikan kontribusi pembelajaran yang permanen dan bermakna sebagai penghubung antar subjek (Aladag & Sahinkaya, 2015:1813) dan alat yang penting untuk membantu siswa melihat informasi secara langsung serta memprediksi hubungan antar variabel (van der Meij & de Jong, 2006:200). Grafik dapat menggambarkan peristiwa fisik yang memungkinkan dapat dikenali dengan melihatnya sekilas (Planinic et al., 2013:1) yang tidak dapat dengan mudah dikenali ketika melihat tabel, meskipun menggunakan data yang sama (Beichner, 1994:750; Bahtaji & Roleda, 2014:2). Dalam menyelesaikan masalah, menggunakan grafik dapat memberikan gambaran mengenai solusi dari masalah tersebut, merangkum informasi data, dan dapat memberikan kemudahan menginterpretasikan hubungan antarvariabelnya (Sezen, Uzun, & Bulbul, 2012:3006; Uzun, Sezen, Bulbul, 2012:2942; Bahtaji & Roleda, 2014:2). Menurut Deacon (1999:270) dan Bahtaji dan Roleda (2014:2), beberapa alasan ketika seseorang membuat grafik, antara lain (a) grafik dapat menunjukkan bagaimana variabel berubah menurut beberapa hukum fisika, (b) grafik dapat menunjukkan berapa banyak data yang diperlukan untuk dapat melihat fenomena utuh dari suatu objek atau sistem fisika, (c) grafik dapat mengonfirmasi apakah data fisika yang

diperoleh itu logis atau tidak. Selain itu, sama pentingnya ketika kita menggunakan grafik sebagai alat untuk memperoleh informasi pada suatu materi fisika, menyajikan grafik juga memiliki beberapa hal yang harus diperhatikan (Deacon,1999:272), diantaranya (a) data yang ditampilkan harus disesuaikan menggunakan angka yang paling mudah divisualisasikan, (b) aturan umumnya adalah meletakkan variabel independen sebagai sumbu x dan variabel dependen sebagai sumbu y , (c) judul seringkali tidak dibutuhkan, melainkan lebih diperlukan keterangan gambaran deskriptif dari grafik yang ditampilkan. Dari beberapa pendapat tersebut, dapat dilihat bahwa dalam mempelajari fisika sangat berkaitan erat dengan representasi grafik.

Representasi grafik mengacu pada pemahaman mengenai grafik dan kemampuan membuat grafik dan beberapa variabel deskriptif lainnya (Guttersrud & Angell, 2010:2). Sebuah grafik dapat menjembatani matematis dan fisika (Deacon, 1999:274; Sezen et al., 2012:3006; Bahtaji & Roleda, 2014:8) sehingga kemampuan siswa dalam memahami representasi grafik akan berkaitan erat dengan pemahaman matematis yang merupakan kemampuan yang sangat penting (Sezen et al., 2012:3006). Selain meningkatkan kemampuan membuat dan memahami grafik, melatih siswa menerjemahkan grafik pada berbagai konteks juga membantu siswa memperoleh pemahaman yang lebih mendalam terhadap konsep fisika yang dipelajari (McDermott et al., 1987:511), serta membuat pembelajaran menjadi lebih bermakna (Aladag & Sahinkaya, 2015:1813). Penelitian yang dilakukan oleh Bahtaji dan Roleda (2014:8) menerangkan bahwa mengajarkan mahasiswa mengonstruksi grafik secara aktif memainkan peran

penting dalam proses menyelesaikan masalah. Mahasiswa dengan latar belakang pembelajaran matematika dan sains akan memperoleh manfaat dari penggunaan secara aktif representasi grafik dibandingkan mereka yang secara pasif menggunakannya. Kemampuan siswa untuk bolak-balik berpikir dan menerjemahkan situasi nyata (eksperimen laboratorium) ke dalam representasi grafik atau dari menerjemahkan grafik pada situasi nyata yang terjadi (McDermott et al., 1987:511), akan memberikan pemahaman fisika yang sangat baik.

Menurut McDermott et al. (1987:512) terdapat dua tujuan utama melatih representasi grafik pada fisika, yaitu (a) untuk mengembangkan kemampuan dasar ketika bekerja dengan grafik yang bisa jadi akan sangat berguna untuk siswa di kemudian hari bahkan ketika mereka sudah lupa dengan materi fisika yang mereka pelajari, (b) untuk mendapatkan keuntungan dari meningkatnya kedalaman pemahaman siswa yang diperoleh dari prosedur dan penalaran pada beberapa konteks. Namun, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menyelesaikan masalah fisika dengan representasi grafik (McDermott et al., 1987:504-510), antara lain (a) memahami fitur-fitur suatu grafik yang sesuai dengan konsep fisik tertentu. Sebagai contoh dalam grafik garis lurus, informasi penting bisa terkandung dalam koordinat titiknya, perbedaan koordinat dari dua titik, atau dari kemiringan garisnya, (b) menginterpretasi perubahan tinggi atau perubahan kemiringan dari suatu grafik, (c) menghubungkan dari satu tipe grafik ke tipe grafik yang lain, (d) menyesuaikan informasi narasi terhadap fitur grafik yang relevan, (e) menginterpretasi area di bawah grafik, dan (f) menghubungkan antara representasi grafik dan formula matematis

Beberapa peneliti lain juga mengajukan beberapa hal yang harus menjadi acuan kemampuan siswa dalam representasi grafik. Uzun et al. (2012:2943) menyebutkan 3 komponen utama dalam kemampuan representasi grafik, yaitu interpretasi yang merupakan kemampuan untuk menerjemahkan grafik menjadi ekspresi verbal dan mengekstraksi informasi dari grafik tersebut, memodelkan yaitu kemampuan untuk menerjemahkan situasi nyata yang terjadi atau dari objek yang nyata ke dalam bentuk grafik, serta transformasi yang merupakan kemampuan untuk melihat atau menggambar berbagai jenis grafik. Petrova (2016:124-125) mengajukan metodologi ketika mengimplikasikan representasi grafik dalam menyelesaikan masalah secara lengkap dengan pengategorian berdasarkan hal apa yang harus diperhatikan untuk membuat grafik yang didasarkan hasil eksperimen, diantaranya menggunakan dan membuat grafik yang didasarkan persamaan matematis, menentukan area di bawah grafik pada variabel yang linear dan juga pada variabel yang tidak linear, bagaimana mengambil informasi dari grafik, melihat deskripsi verbal dan menjelaskan proses, fenomena, dan pergerakan fisik, menentukan rumus atau persamaan yang sesuai yang berhubungan dengan grafik yang disajikan, dan mengubah grafik dari satu bentuk ke bentuk lainnya.

Namun, beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa masih banyak siswa (Beichner, 1994:750; Mehar et al., 2009:165; Hale, 2000:414), mahasiswa (McDermott et al., 1987:503; Beichner, 1994:750; Sezen et al., 2012:3010; Uzun et al., 2012:2942; Planinic et al., 2013:4) mahasiswa pascasarjana (Maries & Singh, 2013:10) yang kurang memiliki kemampuan untuk menggunakan grafik

dan memiliki kendala dalam menyelesaikan masalah dengan representasi grafik. Bahkan beberapa guru memiliki persepsi yang negatif ketika berhadapan dan mengajarkan grafik (Aladag & Sahinkaya, 2015:1816) pada siswa.

Secara umum, McDermott et al. (1987:504-510) mengategorikan kelemahan mahasiswa dalam representasi grafik dalam dua bagian besar; kesulitan menghubungkan grafik terhadap konsep fisika dan kesulitan menghubungkan grafik terhadap objek nyata atau kehidupan nyata. Kesulitan siswa dalam menghubungkan grafik terhadap konsep fisika, diantaranya (a) siswa tidak mengetahui atau tidak dapat merangkum informasi dari kemiringan atau tinggi suatu grafik, (b) siswa kesulitan menginterpretasi informasi dari grafik melengkung dibandingkan grafik garis lurus, (c) siswa kesulitan menghubungkan satu jenis grafik ke grafik lain, misalnya menerjemahkan grafik posisi terhadap waktu (x versus t) ke grafik kecepatan terhadap waktu (v versus t), (d) siswa kesulitan mencocokkan informasi yang relevan terhadap representasi grafik yang ditampilkan dalam soal, (e) siswa kesulitan menginterpretasi area di bawah grafik (Planinic et al., 2013:7). Sementara kesulitan siswa dalam menghubungkan grafik terhadap objek nyata atau kehidupan nyata, antara lain (a) kesulitan memahami dan menerjemahkan gerak kontinu dari garis yang kontinu, ketika siswa diberikan ilustrasi grafik, siswa kesulitan membedakan antara posisi bola pada saat tertentu dan perpindahannya selama interval waktu tertentu. Mereka tidak dapat mengenali bahwa gerakan bola harus diwakili oleh garis kontinu, bukan serangkaian titik yang terpisah. Hal yang sama juga nampak ketika siswa diminta untuk menuliskan grafik x terhadap t untuk objek yang bergerak secara statis, sebagian siswa

menggambarkan grafik yang berisi titik-titik, bukan grafik dengan sebuah garis lurus, sehingga grafik yang mereka buat gagal mengindikasikan bahwa tidak ada perubahan posisi terhadap periode waktu tertentu. (b) kesulitan memisahkan bentuk grafik dan bentuk jalur gerakannya, ketika siswa diminta untuk membuat grafik perpindahan terhadap waktu dari hasil eksperimen dimana bola berputar sepanjang lintasan lurus, siswa cenderung menganggap bahwa bentuk grafiknya akan menyerupai bentuk gerakan bola terhadap lintasan lurus sehingga mereka akan menggambar sebuah grafik dengan garis horizontal. Siswa kesulitan memahami bahwa gerakan statis pada lintasan lurus digambarkan dengan grafik x terhadap t yang garisnya memiliki kemiringan ke atas dari posisi awalnya. (c) kesulitan memahami kecepatan negatif dalam grafik kecepatan terhadap waktu, ketika kecepatan negatif terlibat (yang seharusnya terjadi ketika ada kasus objek yang bergerak berbalik arah), siswa seringkali tidak dapat menerjemahkan peristiwa fisik yang terjadi menjadi representasi grafik yang benar pada grafik kecepatan terhadap waktu. (d) kesulitan memahami percepatan tetap pada grafik percepatan terhadap waktu (e) kesulitan membedakan berbagai tipe grafik gerak, siswa kesulitan untuk membedakan grafik posisi terhadap waktu, grafik kecepatan terhadap waktu, dan grafik percepatan terhadap waktu.

Menurut Beichner (1994:755), beberapa kesulitan siswa dalam menyelesaikan masalah representasi grafik, diantaranya (a) memandang grafik sebagai kesalahan gambar, (b) kebingungan terhadap ketinggian atau kemiringan pada grafik, siswa sering membaca nilai dari sumbu x dan langsung menetapkan itu sebagai kemiringan, (c) kebingungan terhadap variabel, siswa tidak dapat

membedakan antara jarak, kecepatan, dan percepatan. Mereka meyakini bahwa grafik dari variabel-variabel tersebut harus identik sehingga mereka hanya tinggal mengganti label sumbunya ketika menerjemahkan dari grafik kecepatan terhadap waktu ke grafik yang lain, tanpa mengenali bahwa bentuk grafiknya juga harus berubah, (d) kesalahan menentukan kemiringan yang tidak berasal dari titik nol, (e) ketidakmampuan siswa dalam mengenali arti area di bawah kurva grafik, (f) kebingungan mengenai ketinggian/ kemiringan/ area, siswa sering tidak tepat menggunakan nilai-nilai pada sumbu grafik ketika perhitungan diperlukan untuk menentukan area atau lainnya. Sementara, kesulitan siswa dalam memecahkan masalah terkait representasi grafik menurut Nguyen dan Rebello (2009:222), yaitu siswa tidak dapat memproses informasi dari suatu grafik, baik mereka tidak dapat membaca/ menemukan nilai yang terdapat dari suatu grafik, atau mereka tidak dapat memahami makna fisik dari suatu grafik secara benar, dan (Nguyen & Rebello, 2011:561) tidak dapat mengolah informasi dari grafik untuk menghitung kuantitas fisika yang ditanyakan.

Penelitian Ivanjek et al. (2016:4) mengategorikan kelemahan siswa dalam menyelesaikan masalah dengan representasi grafik menjadi dua bagian besar, yaitu kelemahan siswa terkait kemiringan grafik dan kelemahan siswa terkait area di bawah grafik. Kelemahan terkait kemiringan suatu grafik meliputi (1) penggunaan formula, salah satu strategi yang paling banyak digunakan dalam menyelesaikan masalah kemiringan grafik adalah menggunakan rumus (yang mana ada siswa yang mendapatkan hasil yang benar dan ada yang keliru), (2) pemahaman terhadap perubahan kemiringan dari suatu grafik, (3) siswa

mengidentifikasi kemiringan berdasarkan ukuran sudut antara garis lurus dan sumbu koordinat horizontal, atau mengacu pada kecuraman grafik, (4) memahami kemiringan grafik hanya dari tampilan grafiknya saja, (5) menerapkan pemahaman bahwa garis lurus memiliki kemiringan yang konstan, (6) mengidentifikasi kemiringan dengan ketinggian puncak grafik (Hale, 2000:414), (7) mengidentifikasi kemiringan grafik yang melengkung pada suatu titik dengan kemiringan garis singgung pada titik tersebut. Sementara kelemahan siswa terkait dengan area di bawah grafik meliputi (1) menghitung luas area di bawah grafik menggunakan rumus matematis (geometri), (2) menggunakan formula fisika untuk menentukan luas area di bawah grafik, tetapi lebih sering salah dibandingkan benarnya, (3) membaca nilai dari suatu grafik.

Sezen et al. (2012:3010) juga menerangkan bahwa mahasiswa seringkali kesulitan dalam menggambar grafik, ditemukan banyak kesalahan saat mahasiswa diminta menggambar grafik. Kesalahan yang serupa juga ditemukan saat siswa diminta membaca dan menginterpretasikan informasi dari suatu grafik. Penelitian ketiga penulis ini pada tahun 2012 (2944-2945) menerangkan bahwa siswa dapat membaca suatu grafik dan mengesktraksi informasi yang terdapat pada suatu grafik, tetapi mereka kesulitan dalam memodelkan (menerjemahkan situasi yang terjadi dalam kehidupan nyata ke dalam bentuk grafik) dan dalam transformasi (membuat berbagai jenis grafik). Aladag dan Sahinkaya (2015:1816) dalam penelitiannya menemukan bahwa persepsi para guru ketika mengajarkan grafik juga beragam. Beberapa guru mengatakan bahwa menggunakan grafik akan membantu pemahaman sehingga mereka akan merasa senang dan rileks ketika

berhadapan dengan grafik. Sementara di lain pihak, berhadapan dengan grafik dan harus mengajarkannya menyebabkan berbagai perasaan negatif, seperti kecemasan, khawatir, kesulitan, dan tertekan pada sebagian guru yang lain. Perasaan tersebut disebabkan oleh kesulitan untuk memahami grafik. Selain itu, grafik juga berkaitan dengan matematis yang menjadi alasan meningkatnya kecemasan dan stres yang dialami para guru tersebut. Sedikit sekali dari guru yang menyatakan bahwa mereka tidak merasakan apa-apa ketika berhadapan dengan grafik.

Dari beberapa pendapat para peneliti mengenai hal yang perlu diperhatikan ketika bekerja dengan representasi grafik dan kesulitan yang dialami siswa ketika menyelesaikan masalah terkait representasi grafik yang mengindikasikan bahwa hal tersebut merupakan kemampuan yang dibutuhkan dalam membuat representasi grafik, maka dapat diperoleh indikator-indikator yang harus dimiliki siswa sebagai ukuran kompetensi kemampuan siswa dalam aspek representasi grafik pada tabel 3.

Tabel 3. Indikator Representasi Grafik

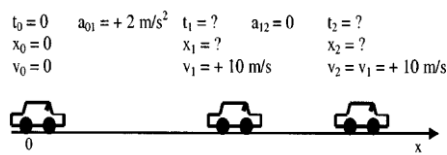
Indikator Representasi Grafik Menurut Para Ahli					Sintesis
McDermott, Rosenquist, & van Zee (1987:504-510)	Uzun, Sezen, Bulbul (2012:2943)	Nguyen & Rebello (2009:222); (2011: 561)	Ivanjek, Susac, Plananic, et all (2016:4)	Beichner (1994:755)	
<ol style="list-style-type: none"> memahami fitur-fitur suatu grafik yang sesuai dengan konsep fisik tertentu menginterpretasi perubahan tinggi atau perubahan kemiringan dari suatu grafik menghubungkan dari satu tipe grafik ke tipe grafik yang lain menyesuaikan informasi narasi terhadap fitur grafik yang relevan menginterpretasi area di bawah grafik menghubungkan antara grafik dan formula matematis 	<ol style="list-style-type: none"> mengekstraksi informasi dari suatu grafik memodelkan, menerjemahkan situasi nyata yang terjadi atau dari objek yang nyata ke dalam bentuk grafik 	<ol style="list-style-type: none"> menemukan informasi atau nilai yang terdapat dari suatu grafik memahami makna fisik dari suatu grafik mengolah informasi dari grafik untuk menghitung kuantitas fisika yang ditanyakan. 	<ol style="list-style-type: none"> mengidentifikasi perubahan kemiringan dari suatu grafik membaca nilai dari suatu grafik 	<ol style="list-style-type: none"> membaca nilai ketinggian atau kemiringan pada grafik memahami fungsi variabel dan informasi lainnya dari suatu grafik menginterpretasi area di bawah kurva grafik mengaplikasikan nilai-nilai pada sumbu grafik ketika perhitungan diperlukan 	<ol style="list-style-type: none"> memahami fitur-fitur suatu grafik menyesuaikan informasi narasi terhadap fitur grafik yang relevan menginterpretasi perubahan tinggi atau perubahan kemiringan dari suatu grafik menghubungkan dari satu tipe grafik ke tipe grafik yang lain menghubungkan antara grafik dan formula matematis

Berdasarkan tabel 3, maka diperoleh indikator kemampuan aspek representasi grafik yang meliputi memahami fitur-fitur suatu grafik, menyesuaikan informasi narasi terhadap fitur grafik yang relevan, menginterpretasi perubahan tinggi atau perubahan kemiringan dari suatu grafik, menghubungkan dari satu tipe grafik ke tipe grafik yang lain, dan menghubungkan antara grafik dan formula matematis.

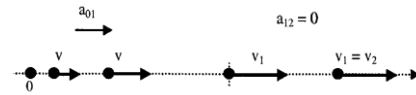
c) Representasi Diagram

Banyaknya konsep, proses, dan keterkaitan dalam pengetahuan fisika yang abstrak akan lebih mudah dan lebih cepat dipahami ketika ditampilkan dalam diagram (Opfermann et al., 2017:1). Diagram seringkali dapat menjelaskan suatu hal yang membutuhkan waktu lebih lama ketika dijelaskan melalui verbal maupun demonstrasi atau eksperimen. Kebanyakan profesor dan guru fisika sangat bergantung pada diagram dalam menyelesaikan masalah fisika (Maries & Singh, 2013:282), terutama pada topik dinamika (van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184, Heuvelen 1991:892), dan buku ajar fisika juga selalu memiliki diagram (van Heuvelen, 1991:892; van der Meij & de Jong, 2006:199) untuk memberikan contoh pada sebuah teks.

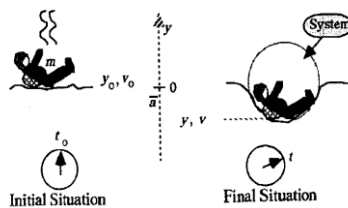
Diagram sendiri dalam fisika memiliki beberapa jenis, antara lain diagram benda bebas (Larkin & Simon, 1987:95; Etkina et al., 2006:2; van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184), diagram gerak/ diagram fisik/ diagram vektor (Dvorakova, 2012:239; van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184; van Heuvelen, 1991:892), sketsa, gambar (*pictorial*) (van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184; van Heuvelen, 1991:892), diagram batang impuls-momentum, diagram sinar, (Etkina et al., 2006:2; Dvorakova, 2012:239)



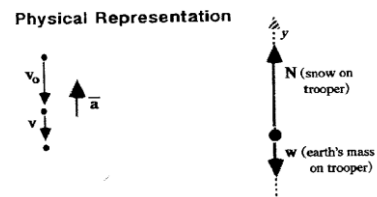
Contoh diagram gambar
(Heuvelen & Zou, 2001:185)



Contoh diagram fisik/ diagram gerak/
diagram vektor
(Heuvelen & Zou, 2001:185)



Contoh diagram gambar
(Heuvelen, 1991:892)



Contoh diagram fisik/ diagram gerak/
diagram vektor
(Heuvelen, 1991:892)

Sebuah diagram memiliki banyak informasi (Savinainen et al., 2013:1; Ainsworth & Loizou, 2003:678). Menurut Savinainen et al., diagram dapat melacak semua gaya dan besaran relatifnya. Lalu, diagram juga memungkinkan siswa untuk menentukan deduksi, misalnya apakah objek memiliki percepatan atau tidak, karena jumlah gaya (gaya total) secara langsung berkaitan dengan percepatan melalui hukum gerak Newton yang kedua. Dari diagram juga, sebuah gerak dapat ditentukan bila ada informasi mengenai kecepatan dan percepatannya. Keunggulan diagram menurut Ainsworth dan Loizou (2003:678) diantaranya, diagram memiliki “efek penjelasan diri” yang dapat ditangkap siswa hanya dari melihat gambar yang ditampilkan, diagram juga dapat mengurangi beban kerja memori dan aktivitas berpikir yang berlebihan, dan diagram juga seringkali mendorong terbentuknya penjelasan sebab-akibat dari suatu konsep atau situasi pada topik yang dipelajari.

Menurut van Heuvelen (1991:891), diagram mempunyai beberapa fungsi diantaranya, (1) meringkas fitur yang paling menonjol dari suatu proses sambil menghapus rincian tambahan yang mengalihkan perhatian terhadap sistem tersebut, singkatnya diagram memberikan kontribusi untuk memahami dan mempertajam intuisi terhadap sistem fisik, (2) diagram dapat dirangkai dengan bentuk representasi lain untuk membuat penalaran secara kualitatif tentang proses yang lebih kompleks, (3) diagram dapat digunakan untuk membangun representasi matematis yang lebih terperinci dari proses fisik. Dari beberapa pendapat tersebut, dapat terlihat bahwa fisika sangat membutuhkan representasi diagram agar bisa dijelaskan dan dipahami dengan lebih baik.

Representasi diagram mengacu ke semua bentuk deskripsi gambar, kecuali grafik (Guttersrud & Angell, 2010:2). Oleh sebab itu bisa disebutkan juga bahwa representasi vektor (Heckler & Scaife, 2015:1) juga merupakan bagian dari representasi diagram. Hal tersebut senada dengan pendapat Dhillon (1998:388) yang menyebutkan bahwa representasi diagram mengacu pada kegiatan menggambar diagram dan menandai informasi yang terdapat padanya. Pendapat-pendapat tersebut, tidak berbeda jauh dengan representasi diagram yang dirumuskan Chu, Johnson, dan Fyfe (2017:2), yaitu representasi diagram merupakan representasi visual yang mengeskpresikan informasi melalui hubungan spasialnya serta dapat merefleksikan informasi kuantitatif.

Representasi diagram merupakan representasi yang sangat penting untuk mengajarkan konsep dalam teori mekanika, terutama konsep gaya, yang diajarkan sejak bangku sekolah dasar hingga universitas (Savinainen et al., 2013:1), maupun

pada konsep fisika lainnya, seperti Optik dan Listrik (Dvorakova, 2012:239). Representasi diagram dapat meningkatkan pemahaman konsep yang lebih mendalam terhadap suatu topik yang dipelajari serta dapat membuat siswa lebih tertarik untuk belajar (Ainsworth & Loizou, 2003:678). Menggambar diagram merupakan langkah yang sangat penting (Karam, 2014:11) dalam menyederhanakan informasi yang disajikan dari suatu masalah yang kemudian akan sangat berguna dalam memecahkan masalah secara utuh (Maries & Singh, 2013:282). Representasi diagram akan mengubah urutan gerakan untuk menetapkan pola spasial sehingga perubahan ke bentuk diagram atau diantara perspektif representasi lain, seperti verbal, menggambarkan pentingnya berbagai representasi dalam pemecahan masalah dan penalaran sains (Hubber & Tytler, 2017:158). Rosengrant et al. (2006: 52) dalam penelitiannya menemukan bukti bahwa siswa yang terampil, akan menggunakan representasi diagram untuk membantu mereka menyusun representasi matematika yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah dan mereka akan kembali mengevaluasi hasil yang mereka dapatkan dengan melihat representasi diagram yang mereka buat sebelumnya.

Beberapa ahli telah menyebutkan manfaat dan keunggulan representasi diagram. Booth dan Koedinger (2012:493) dan van der Meij dan de Jong (2006:203) menyebutkan keuntungan menggunakan representasi diagram karena mendukung siswa untuk memahami konsep kunci dari suatu topik pelajaran, serta berperan dalam menciptakan perpindahan/ transisi yang halus dari hal-hal yang abstrak ke hal yang konkret. Menurut Larkin dan Simon (1987:98), alasan representasi diagram sangat penting dalam memecahkan masalah karena (a)

diagram dapat mengelompokkan semua informasi yang digunakan bersama-sama, sehingga menghindari jangkauan pencarian yang terlalu luas untuk mencari unsur-unsur yang diperlukan dan membuat kesimpulan pemecahan masalah, (b) diagram biasanya menggunakan lokasi untuk mengelompokkan informasi tentang satu elemen sehingga menghindari kebutuhan untuk mencocokkan label simbolik, dan (c) diagram secara otomatis mendukung sejumlah besar pengambilan kesimpulan.

Beberapa alasan representasi diagram sangat berguna dalam penyelesaian masalah menurut Chu et al. (2017:2), antara lain diagram dapat menyoroti hubungan penting antara kuantitas dan kaitan di antara kuantitas itu sehingga dapat membantu siswa mengambil informasi yang relevan secara efektif, diagram dapat menurunkan tuntutan beban kerja kognitif, dan diagram dapat memfasilitasi hubungan antara representasi yang abstrak dan representasi yang konkret. Menurut van Heuvelen dan Xueli Zou (2001:184) manfaat dari representasi diagram diantaranya, (1) membantu pemahaman siswa tentang masalah, sebagai alat bantu visual, representasi diagram secara otomatis meningkatkan penalaran, (2) membangun jembatan antara representasi verbal dan representasi matematis, (3) membantu siswa mengembangkan gambar yang memberi makna dari suatu simbol matematis.

Penelitian-penelitian juga telah banyak dilakukan untuk melihat pengaruh positif penggunaan representasi diagram terhadap pembelajaran fisika dan pemecahan masalah fisika. Dalam penelitian Etkina et al. (2006:12), sejumlah besar siswa (sekitar 60% dibanding kelas konvensional yang hanya 20% siswa) menggunakan representasi diagram dalam memecahkan masalah. Penggunaan

representasi diagram secara benar berkorelasi secara signifikan terhadap keberhasilan siswa dalam menyelesaikan masalah. Hasil penelitian Chu et al. (2017:12) menjelaskan bahwa representasi diagram memiliki efek yang positif terhadap siswa dalam pemecahan masalah, terutama pengaruh positif itu terdapat pada bagaimana kemampuan siswa menerjemahkan dan mengonstruksi representasi diagram ke representasi matematis, ataupun sebaliknya. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Maries dan Singh (2013:285) yang menemukan bahwa siswa yang menggambar diagram seperti diagram yang digambar oleh para ahli dengan detail yang lengkap memiliki kinerja yang lebih baik dalam menyelesaikan masalah. Hal tersebut dijelaskan Maries dan Singh karena menggambar diagram dapat membantu mengurangi beban kerja kognitif, mengurangi jumlah informasi yang harus diproses dalam memori kerja, serta penggunaan waktu yang lebih efektif dalam menyelesaikan masalah. Studi yang dilakukan Savinainen et al. (2013:8) juga menyebutkan mengonstruksi representasi diagram dengan menggunakan “diagram interaksi” membantu siswa dalam menyelesaikan masalah. Penggunaan representasi diagram akan membantu siswa berpikir lebih mendalam mengenai proses dalam fisika, daripada bergantung pada teknik matematis yang menyebabkan pemahamannya tidak terlalu baik (Heuvelen & Zou, 2001:184).

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Booth dan koedinger (2012:505) menemukan bukti bahwa representasi diagram memiliki manfaat pada siswa SMP kelas lebih tinggi dan siswa dengan kemampuan tinggi. Diagram meningkatkan kinerja siswa dengan meningkatnya pemahaman konseptual mereka secara benar

dari masalah yang ada. Namun, untuk siswa SMP di kelas yang lebih rendah dan siswa dengan kemampuan yang rendah, tidak ditemukan manfaat dari representasi diagram. Penggunaan representasi diagram memainkan peran penting dalam membantu siswa memahami konsep usaha & energi dan menyelesaikan masalahnya sehingga mereka berhasil meningkatkan prestasi belajarnya dalam mata kuliah fisika (Heuvelen, 2001:191-193). Bahkan hasil penelitian Garderen (2007:550-551) menemukan bahwa penggunaan diagram dapat meningkatkan kepuasan dan kepercayaan diri siswa yang memiliki keterbatasan belajar, dalam menyelesaikan soal pemecahan masalah, meskipun skor hasil belajarnya belum meningkat secara signifikan.

Namun, terdapat pula penelitian yang mengindikasikan mengenai kesulitan yang dialami siswa pada representasi diagram. Aviani et al. (2015:2) menyebut pendekatan dekomposisi gaya untuk menggambar diagram benda bebas dapat menyebabkan kesulitan tertentu pada pemahaman konseptual siswa. Salah satunya adalah mengenai kebingungan siswa tentang berapa jumlah gaya seharusnya yang bekerja pada suatu sistem. Kesulitan lainnya terkait menggambar dan menggunakan diagram benda bebas kemungkinan akan meningkat seiring dengan kesulitan dalam memanipulasi vektor. Sementara, Heckler dan Scaife (2015:4) mengidentifikasi kesulitan siswa dalam representasi diagram terkait vektor gaya, antara lain (1) kesalahan menguraikan panah vektor, (2) kekeliruan terkait tidak ada bedanya antara menuju arah atau menentang arah satu sama lain.

Oleh sebab itu, beberapa ahli merumuskan bagaimana cara seharusnya representasi diagram itu diajarkan dan bagaimana langkah membuat representasi

diagram agar berbagai kesulitan dan kelemahan terkait representasi diagram dapat diminimalisasi. Savinainen et al. (2013:3) mengungkapkan bagaimana representasi diagram itu diajarkan, yaitu (1) mengidentifikasi kontak (hubungan antar objek) dan jarak interaksinya, (2) memperkenalkan vektor gaya dan diagram benda bebasnya, (3) memperkenalkan hukum Newton ketiga untuk melihat interaksi sistemnya, (4) menggambar diagram benda bebasnya, (5) memperkenalkan hukum Newton pertama dan kedua, (6) menerapkan hukum Newton pertama dan kedua untuk memeriksa hasil yang telah diperoleh. Van Heuvelen dan Xueli Zou (2001:188) menjelaskan langkah membuat representasi diagram dimulai dengan membuat sketsa mendetail yang mengidentifikasi sistem, keadaan awal, dan keadaan akhirnya, termasuk sistem koordinat, dan menunjukkan nilai kuantitas yang relevan pada awal dan akhir sistem, lalu siswa mengonstruksi proses kualitatif sistem usaha & energi tersebut. Sementara itu, langkah menggambar diagram dalam pemecahan masalah menurut Aviani et al. (2015:2) biasanya dilakukan dalam 3 langkah. Pertama, mengonstruksi diagram benda bebasnya. Kedua, menentukan grafis dari vektor resultan gaya. Terakhir, bila diperlukan dalam soal yang ditanyakan, menemukan besar vektor gaya tersebut.

Menurut Larkin dan Simon (1987:95), hal yang penting diperhatikan saat menyelesaikan masalah fisika menggunakan diagram adalah (1) Lokalisasi, siswa menggambar diagram benda bebas dari diagram nyata yang ditanyakan dalam soal, lalu mengelompokkan berbagai gaya yang bekerja dalam sistem tersebut sehingga menghasilkan formula. Informasi dari formula yang diperoleh dan

diagram benda bebasnya digunakan bersama dalam kesatuan sebagai bentuk lokalisasi informasi (2) pelabelan minimal, fungsi penting dari label adalah menghubungkan bagian-bagian dari diagram dunia nyata secara tidak langsung ke diagram gaya (3) menggunakan perangkat tambahan perseptual, mengecek ulang diagram benda bebas yang telah digambar, apakah gaya yang bekerja konsisten dg situasi yang terjadi. Sementara menurut Etkina et al. (2006:3), kemampuan representasi diagram yang dibutuhkan siswa agar berhasil menyelesaikan masalah fisika, yaitu (1) kemampuan memilih sistem yang penting dalam penyelesaian masalah sebelum menggambar diagram, (2) kemampuan menggunakan anak panah gaya untuk mewakili interaksi dunia di luar sistem terhadap objek atau sistem objeknya, (3) kemampuan memberi tanda nama gaya yang bekerja dari interaksi tersebut, (4) kemampuan membuat panjang relatif arah gaya yang sesuai dengan situasi masalah, (5) kemampuan memberi label pada sumbu diagram.

Dari beberapa pendapat mengenai cara mengajarkan representasi diagram, langkah membuat representasi diagram, kemampuan yang dibutuhkan dalam membuat representasi diagram yang telah dikemukakan oleh beberapa peneliti, kita dapat memperoleh indikator-indikator yang harus dimiliki siswa sebagai acuan mengenai kompetensi kemampuan yang harus dipunyai siswa dalam aspek representasi diagram pada tabel 4.

Tabel 4. Indikator Representasi Diagram

Indikator Representasi Diagram Menurut Para Ahli					Sintesis
Etkina et al. (2006:3)	Larkin dan Simon, (1987:95)	Savinainen et al. (2013: 3)	Aviani et al. (2015:2)	Van Heuvelen dan Xueli Zou (2001:188)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. memilih sistem yang penting dalam penyelesaian 2. menggunakan anak panah gaya untuk mewakili interaksi dunia di luar sistem terhadap objek atau sistem objeknya, 3. memberi tanda nama gaya yang bekerja dari interaksi tersebut, 4. membuat panjang relatif arah gaya yang sesuai dengan situasi masalah, 5. memberi label pada sumbu diagram 	<ol style="list-style-type: none"> 1. menggambar diagram benda bebas 2. memberi label gaya pada diagram 3. mengelompokkan berbagai gaya yang bekerja dalam sistem 	<ol style="list-style-type: none"> 1. mengidentifikasi kontak (hubungan antar objek) dan jarak interaksinya 2. memperkenalkan vektor gaya dan diagram benda bebasnya 3. memperkenalkan hukum Newton ketiga untuk melihat interaksi sistemnya, 4. menggambar diagram benda bebasnya, 5. memperkenalkan hukum Newton pertama dan kedua, 6. menerapkan hukum Newton untuk memeriksa hasil yang telah diperoleh. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. mengonstruksi diagram benda bebasnya 2. menentukan grafis dari vektor resultan gaya 3. menemukan besar vektor gaya (bila diperlukan dalam masalah yang ditanyakan) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. membuat sketsa mendetail 2. mengidentifikasi sistem, keadaan awal, dan keadaan akhirnya, termasuk sistem koordinat 3. mengonstruksi proses kualitatif sistem usaha & energi tersebut. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. menggambar diagram benda bebas atau bentuk diagram lainnya 2. memberi label gaya pada diagram 3. mengelompokkan berbagai gaya yang bekerja dalam sistem

Berdasarkan tabel 4, maka diperoleh indikator kemampuan representasi diagram yang meliputi menggambar diagram benda bebas atau bentuk diagram lainnya, memberi label gaya pada diagram, dan mengelompokkan berbagai gaya yang bekerja dalam sistem.

d) Representasi Matematis

Konsep-konsep ilmiah dalam sains, terutama fisika, memiliki bahasanya sendiri yang unik, yaitu matematika sebagai bahasa dasar (Guttersrud & Angell, 2010:5); Williams, 1999:672; Sherin, 2001:480). Konsep-konsep fisika tersebut seringkali dirangkum dalam bentuk persamaan-persamaan matematis (Singh & Marshman, 2013:46; Guttersrud & Angell, 2010:5;) untuk menjelaskan fenomena fisik yang ada (Karam & Krey, 2015:661). Persamaan, rumus, atau deskripsi matematis dari fenomena fisik ini merupakan ikon pengetahuan dalam sains, tetapi bisa jadi dianggap hanya sekedar perhitungan semata bagi siswa dengan pemahaman konseptual yang lemah (Guttersrud & Angell, 2010:5; Karam, 2014:3). Sherin (2001:479) mengungkapkan bahwa penggunaan ekspresi pada fisika tidak hanya mengandalkan mengenai prinsip-prinsip fisika semata, tetapi juga diikuti oleh proses manipulasi persamaan matematis. Siswa yang berhasil akan memandang persamaan itu tidak cukup sebagai cara untuk mendapatkan jawaban pada suatu soal, melainkan belajar untuk memahami informasi apa yang bisa diketahui dan dipahami dari persamaan tersebut. Oleh sebab itu, fisika tidak bisa diajarkan tanpa adanya persamaan-persamaan matematis (Sherin, 2001:524), menghilangkan representasi matematis dalam fisika akan menyebabkan pemahaman terhadap konsep fisika menjadi tidak lengkap.

Representasi matematis meliputi rumus persamaan dan perhitungan matematis (Guttersrud & Angell, 2010:2). Sementara, kemampuan dalam representasi matematis merupakan kemampuan menggunakan formula matematis untuk memahami dan mengomunikasikan ide dan menyelesaikan masalah (Huiker, 2015:4). Kemampuan representasi matematis yang dimiliki oleh siswa punya hubungan yang positif terhadap kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah fisika (Meltzer, 2002:1259), hal ini karena dengan kemampuan tersebut siswa memiliki kemudahan dalam memperoleh dan menghubungkan pengetahuan pada konsep fisika terhadap formula matematis yang relevan. Dalam pemecahan masalah, sangat penting untuk bisa memahami matematika dan hubungannya terkait struktur pengetahuan sehingga siswa dapat menyatukan suatu konsep dan mengaplikasikannya dalam menyelesaikan masalah (Dündar, 2015:1380). Penelitian yang dilakukan Meltzer (2002:1266) menyebutkan bahwa kemampuan representasi matematis yang telah dimiliki siswa sebelum pembelajaran akan berpengaruh terhadap hasil belajar mereka dalam memahami konsep fisika, meskipun bisa jadi pemahaman konsep yang dipunyai mereka sebelum belajar tidak akan berpengaruh banyak terhadap skor hasil belajarnya. Siswa yang mempunyai level kemampuan matematis yang tinggi secara otomatis memperoleh hasil belajar fisika yang lebih tinggi dibandingkan siswa dengan kemampuan matematis yang lebih rendah.

Namun, dengan pentingnya peran representasi matematis dalam pembelajaran fisika serta bagaimana pelajaran fisika itu selalu identik dengan persamaan-persamaan matematis, tidak membuat representasi matematis menjadi

sesuatu yang mudah dikuasai tanpa kesulitan bagi siswa. Banyak penelitian yang mengidentifikasi berbagai kesulitan yang dialami siswa terkait representasi matematis ini. Karam (2014:3) membedakan peran representasi matematis dalam menyelesaikan masalah fisika yang dilakukan siswa dengan membaginya menjadi dimensi teknis/ prosedural (yang biasanya dilakukan oleh siswa amatir) dan dimensi struktural (yang dilakukan oleh siswa yang mahir dan ahli-ahli fisika). Peran representasi matematis secara teknis, antara lain (1) membabi buta menggunakan persamaan untuk menyelesaikan masalah kuantitatif (membongkar-pasang persamaan yang dipandang cocok untuk menyelesaikan masalah dengan melihat variabel yang diketahui dan tidak diketahui), (2) fokus pada manipulasi mekanis atau algoritma, (3) menggunakan argumen otoritas; hanya berdasarkan hafalan dari persamaan dan aturan tanpa adanya penalaran yang cukup argumentatif, (4) memperoleh pengetahuan yang terfragmentasi: menghafalkan persamaan yang berbeda untuk setiap kasus tertentu, (5) mengidentifikasi persamaan secara dangkal antara persamaan, (6) matematika dilihat hanya sebagai alat perhitungan dan bahasa “yang lain” yang digunakan untuk mewakili dan berkomunikasi. Sementara peran representasi secara struktural adalah (1) menurunkan persamaan dari prinsip-prinsip fisik menggunakan penalaran logis, (2) fokus pada interpretasi fisik atau konsekuensinya, (3) menekankan penggunaan struktur matematika tertentu untuk memodelkan fenomena fisik, (4) mendapatkan pengetahuan secara terstruktur: menghubungkan asumsi fisik yang tampaknya berbeda melalui logika, (5) mengenali analogi yang mendalam dan struktur matematika yang umum di balik fenomena fisik yang berbeda, (6)

matematika dilihat sebagai instrumen penalaran yang penting untuk mendefinisikan konsep fisik dan struktur pemikiran fisik. Steinberg et al. (1997:1075) menyebut kesulitan siswa dalam kaitannya matematika terhadap fisika adalah kelemahan mereka dalam menghubungkan formula matematika yang relevan terhadap konsep fisika. Beberapa kesulitan itu antara lain, kesalahan mengutip persamaan matematis yang digunakan dalam menyelesaikan masalah dalam suatu konsep, gagal untuk memahami makna fungsi matematis, gagal mengenali keterangan atau makna suatu variabel dalam masalah, dan yang paling umum terjadi adalah kesalahan memasukkan nilai terhadap suatu variabel dalam formula matematis yang digunakan (Steinberg et al., 1997:1078; Shih-Yin Lin, Maries, & Singh, 2013:253). Bahkan siswa sering memisahkan jawaban mereka pada bagian matematisnya terhadap jawaban bagian fisiknya (Steinberg et al., 1997:1079).

Pada penelitian Guttersrud dan Angell (2010:5), siswa menyatakan kesulitan untuk menentukan ekspresi atau rumus matematis yang tepat untuk menggambarkan data dari hasil eksperimen. Sementara, kesulitan siswa dalam memecahkan masalah terkait representasi matematis yang berhasil diidentifikasi Nguyen dan Rebello (2009:222-223) adalah, siswa tidak memahami makna suatu formula, tidak mengetahui formula dari suatu kuantitas fisik, siswa menggunakan nilai yang keliru ketika dimasukkan ke dalam formula, misalnya mereka menggunakan angka jarak-lebar untuk nilai " h " dalam " mgh " saat menyelesaikan soal tentang energi potensial, siswa kesulitan memanipulasi proses dasar matematika, siswa tidak dapat menerjemahkan makna atau tidak bisa

menggunakan fungsi yang diberikan untuk mencari kuantitas yang ditanyakan, siswa melakukan kesalahan dalam perhitungan matematika, tidak mengetahui bagaimana menjumlahkan kuantitas fisik, dan menggunakan satuan yang keliru atau tidak dapat mengonversi ke satuan yang tepat dari suatu kuantitas fisik. Albe, Venturini, dan Lascours (2001:203) menyebutkan bahwa beberapa guru merasa kalau representasi matematis dalam fenomena fisik merupakan penghalang yang nyata terhadap pemahaman yang baik, sementara siswanya sendiri sebagian besar memiliki kesulitan dalam menghubungkan matematis dengan deskripsi fisik pada teori fisika, mereka bahkan kesulitan dalam menggunakan formula matematis dasar sehingga tautan fisika dan matematika hanya sepenuhnya penyelesaian perhitungan.

Guttersrud dan Angell (2010:5) yang melakukan penelitian terhadap 446 siswa SMA di 15 sekolah di Norwegia menyebutkan bahwa representasi matematis yang digunakan di sekolah belumlah terlalu tinggi. Oleh karenanya, ia menyarankan bahwa pengajaran fisika harus lebih menekankan pada (1) pertukaran antara representasi matematis terhadap representasi yang lainnya, (2) interpretasi terhadap makna fisik dari suatu variabel atau konstanta pada formula matematis, (3) memperkenalkan rumus-rumus dalam konsep fisika melalui proses pemodelan matematis. Menurut Steinberg et al. (1997:1080) kunci yang harus diperhatikan agar siswa dapat mengerjakan representasi matematis adalah membangun persamaan yang relevan berdasarkan pertimbangan sistem fisik yang terdapat dalam masalah yang diberikan, mengekstrak informasi yang berguna (penting) dari masalah yang ada, mengaplikasikan nilai dari variabel ke dalam

formala matematis sehingga diperoleh hasil sesuai. Sedangkan menurut Krawec (2014:104-105), pemecahan masalah yang melibatkan representasi matematis itu dimulai dengan memahami informasi yang terdapat dalam masalah yang diberikan, setelah itu baru siswa dapat menerjemahkan dan meintegrasikan informasi tersebut ke dalam fungsi ataupun formula matematika yang relevan sehingga bisa menyelesaikan masalah dengan baik.

Beberapa kemampuan yang dibutuhkan untuk mengaitkan fisika dan matematika (Karam, Pospiech, & Pietrocola, 2010:122-125; Karam, 2014:5-11) antara lain, (1) *Mematematikakan* (dari fisika ke matematis), terkait dengan proses penerjemahan dari sistem fisik (konsepsi tentang alam, pengamatan fenomenologis dan data eksperimen) ke matematika (struktur dan rumus matematika), (2) *Menerjemahkan* (dari matematis ke fisika), menerjemahkan dan memahami makna fisik dari setiap persamaan matematis, (3) *Derivasi* (logika/penalaran deduktif), memahami derivasi logis dari rumus adalah kemampuan penting yang memungkinkan seseorang untuk mengenali bagaimana asumsi fisik, seperti prinsip-prinsip tindakan minimal yang "dipaksakan" secara fisika, (4) *Analogi* (kesamaan yang tersembunyi), salah satu sumber penalaran fisika yang paling bermanfaat adalah analogi karena hubungan antara model dan fenomena yang dimodelkan biasanya bersifat analogis. Huinker (2015:4) menuliskan kemampuan representasi matematis yang bermakna, antara lain (1) kemampuan menyampaikan ide matematis ke dalam beragam bentuk, termasuk memahami ide dari bentuk fisik dan menerjemahkannya ke bentuk matematis, (2) mengetahui kapan serta alasan yang tepat dalam menggunakan representasi

matematis, (3) kemampuan untuk menerjemahkan representasi matematis ke bentuk representasi lain maupun sebaliknya, (4) kemampuan menggunakan perhitungan matematis yang fleksibel dalam menyelesaikan masalah.

Kemampuan yang perlu dimiliki siswa pada representasi matematis agar dapat meningkatkan penyelesaian masalah dan juga memahami persamaan (Sherin, 2001:499) diantaranya, dapat memprediksi implikasi atau hasil suatu hal dari formula matematis yang ada terhadap perubahan/ kejadian yang akan terjadi pada suatu objek atau prinsip fisika, dan memahami makna dari setiap variabel yang ada pada rumus/ formula matematis. Kemampuan representasi matematis yang dibutuhkan siswa (Guttersrud & Angell, 2010:3), antara lain kemampuan memahami informasi dari suatu masalah, kemampuan menentukan formula atau rumus yang relevan, kemampuan menginterpretasi fungsi tiap-tiap variabel pada formula matematis, dan kemampuan mengekspresikan makna fisik dari hasil perhitungan yang diperoleh.

Dari beberapa pendapat mengenai kemampuan yang dibutuhkan dalam aspek representasi matematis yang telah dikemukakan oleh beberapa peneliti, kita dapat memperoleh indikator-indikator yang harus dimiliki siswa mengenai kompetensi kemampuan siswa dalam aspek representasi matematis pada tabel 5.

Tabel 5. Indikator Representasi Matematis

Indikator Representasi Matematis Menurut Para Ahli						Sintesis
Steinberg et al. (1997:1080)	Guttersrud dan Angell (2010:3)	Huinker (2015:4)	Karam et al. (2010:122-125); Karam, (2014:5-11)	Sherin (2001:499)	Krawec (2014:104-105)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. membangun persamaan yang relevan berdasarkan pertimbangan sistem fisik yang terdapat dalam masalah yang diberikan 2. mengekstrak informasi yang berguna (penting) dari masalah yang ada 3. mengaplikasikan nilai dari variabel ke dalam formula matematis sehingga diperoleh hasil yang sesuai 	<ol style="list-style-type: none"> 1. menentukan formula atau rumus yang relevan 2. menginterpretasi fungsi tiap-tiap variabel pada formula matematis 3. mengekspresikan makna fisik dari hasil perhitungan yang diperoleh. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. memahami ide dari bentuk fisik dan menerjemahkannya ke bentuk matematis 2. mengetahui alasan yang tepat dalam menggunakan suatu formula matematis 3. menggunakan perhitungan matematis yang fleksibel dalam menyelesaikan masalah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. mematematikakan, menerjemahkan dari sistem fisik ke rumus matematika 2. memahami makna fisik dari setiap persamaan matematis 3. memahami derivasi logis dari rumus matematis 	<ol style="list-style-type: none"> 1. memprediksi implikasi atau hasil suatu hal dari formula matematis yang ada terhadap perubahan/ kejadian yang akan terjadi pada suatu objek atau prinsip fisika 2. memahami makna dari setiap variabel yang ada pada rumus/ formula matematis. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. memahami informasi yang terdapat dalam masalah yang diberikan 2. menerjemahkan informasi ke dalam fungsi ataupun formula matematika yang relevan 	<ol style="list-style-type: none"> 1. membangun persamaan yang relevan berdasarkan pertimbangan sistem fisik 2. memprediksi implikasi dari formula matematis terhadap perubahan pada suatu objek atau prinsip fisika 3. mengaplikasikan nilai dari variabel ke dalam perhitungan matematis

Berdasarkan tabel 5, maka diperoleh indikator kemampuan representasi matematis yang meliputi membangun persamaan yang relevan berdasarkan pertimbangan sistem fisik, memprediksi implikasi dari formula matematis terhadap perubahan pada suatu objek atau prinsip fisika, dan mengaplikasikan nilai dari variabel ke dalam perhitungan matematis.

2) Fisika

a) Materi Fisika

Heuvelen dan Zou (2001:184) mengatakan bahwa tujuan penting dalam pendidikan fisika adalah untuk membantu siswa belajar mengonstruksi representasi verbal, diagram, grafik, dan matematis sebagai suatu proses dan bisa bergerak dari satu representasi ke representasi yang lainnya. Materi fisika yang dipilih dalam pengembangan soal multirepresentasi fisika ini adalah materi fisika SMA kelas X semester 1. Berikut penjabaran dari capaian kompetensi peserta didik, yang meliputi Kompetensi Inti (KI), Kompetensi Dasar (KD), serta topik masing-masing bab (pokok bahasan) yang harus dicapai siswa pada semester tersebut.

Kompetensi Inti

KI 1 : Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya

KI 2 : Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan

lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia.

KI 3 : Memahami, menerapkan, menganalisis pengetahuan faktual, konseptual, prosedural berdasarkan rasa ingintahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian, serta menerapkan pengetahuan prosedural pada bidang kajian yang spesifik sesuai dengan bakat dan minatnya untuk memecahkan masalah

KI 4 : Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu menggunakan metoda sesuai kaidah keilmuan

Tabel 6. Materi Pokok dan Kompetensi Dasar Materi Fisika SMA Kelas X Semester I

Materi/ Pokok Bahasan	Kompetensi Dasar
Pengukuran	<p>1.1 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur alam jagad raya melalui pengamatan fenomena alam fisis dan pengukurannya</p> <p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan , melaporkan, dan berdiskusi.</p> <p>3.1 Memahami hakikat fisika dan prinsip-prinsip pengukuran (ketepatan, ketelitian, dan aturan angka penting)</p> <p>4.1 Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat untuk penyelidikan ilmiah</p>

Vektor	<p>1.1 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur alam jagad raya melalui pengamatan fenomena alam fisis dan pengukurannya</p> <p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan , melaporkan, dan berdiskusi</p> <p>3.2 Menerapkan prinsip penjumlahan vektor (dengan pendekatan geometri)</p> <p>4.1 Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat untuk penyelidikan ilmiah</p> <p>4.2 Merencanakan dan melaksanakan percobaan untuk menentukan resultan vektor</p>
Gerak Lurus	<p>1.1 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur alam jagad raya melalui pengamatan fenomena alam fisis dan pengukurannya</p> <p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan , melaporkan, dan berdiskusi</p> <p>3.3 Menganalisis besaran-besaran fisis pada gerak lurus dengan kecepatan konstan dan gerak lurus dengan percepatan konstan</p> <p>4.1 Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat untuk penyelidikan ilmiah</p> <p>4.3 Menyajikan data dan grafik hasil percobaan untuk menyelidiki sifat gerak benda yang bergerak lurus dengan kecepatan konstan dan gerak lurus dengan percepatan konstan</p>
Hukum Newton	<p>1.1 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur alam jagad raya melalui pengamatan fenomena alam fisis dan pengukurannya</p> <p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli</p>

	<p>lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan , melaporkan, dan berdiskusi</p> <p>3.4 Menganalisis hubungan antara gaya, massa, dan gerakan benda pada gerak lurus</p> <p>4.1 Menyajikan hasil pengukuran besaran fisis dengan menggunakan peralatan dan teknik yang tepat untuk penyelidikan ilmiah</p> <p>4.4 Merencanakan dan melaksanakan percobaan untuk menyelidiki hubungan gaya, massa, dan percepatan dalam gerak lurus</p>
Gerak Melingkar Beraturan	<p>1.1 Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur alam jagad raya melalui pengamatan fenomena alam fisis dan pengukurannya</p> <p>2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan , melaporkan, dan berdiskusi</p> <p>3.5 Menganalisis besaran fisis pada gerak melingkar dengan laju konstan dan penerapannya dalam teknologi</p> <p>4.5 Menyajikan ide/gagasan terkait gerak melingkar (misalnya pada hubungan roda-roda)</p>

b) Pemecahan Masalah Fisika

Para ahli menyebutkan pemecahan masalah sebagai suatu proses ketika seseorang menyelesaikan suatu masalah (dalam konteks pelajaran fisika berarti saat siswa menyelesaikan soal-soal fisika yang diberikan guru) yang kemudian dijabarkan dalam bentuk langkah-langkah penyelesaian masalah yang terurut (Kohl & Finkelstein, 2008:4), maupun strategi atau bentuk aktivitas yang bisa dilakukan dalam kaitannya untuk menyelesaikan masalah yang disajikan oleh guru (Dhillon, 1998:381-382). Dipandang dalam perspektif tersebut, hal yang

dapat disimpulkan adalah pemecahan masalah merupakan kegiatan dimana siswa dilatih ataupun diminta menyelesaikan masalah yang disajikan. Maka, dalam konteks ini yang perlu ditekankan adalah mengenai langkah-langkah yang harus dilakukan siswa dalam menyelesaikan suatu masalah fisika.

Menurut para ahli, terdapat perbedaan antara siswa yang mahir dan siswa yang pemula dalam memecahkan masalah fisika. Seorang Mahir menyelesaikan masalah cenderung lebih cepat dan lebih akurat dibandingkan Pemula (Larkin, McDermott, Simon, 1980:208). Selain itu, perbedaan lainnya (Larkin et al., 1980:208) diantaranya (a) kemampuan seorang yang Mahir untuk menyimpan pengetahuan ke dalam memori jangka panjang dan mengaksesnya kembali saat diperlukan, (b) kemampuan seorang Mahir mengonstruksi sebuah masalah ke dalam multirepresentasi sehingga memudahkan mereka untuk memikirkan solusi dari masalah yang ditanyakan. Pada hasil penelitian Kohl dan Finkelstein (2008:8) disebutkan bahwa antara siswa yang mahir maupun yang tidak, semuanya menggunakan multirepresentasi untuk menyelesaikan masalah, namun siswa yang mahir menggunakan waktu yang efektif ketika menyelesaikan masalah menggunakan multirepresentasi, sementara siswa yang amatir hanya menggunakan multirepresentasi tanpa keperluan dan tujuan yang jelas ketika menyelesaikan masalah. Perbedaan lainnya antara siswa yang mahir dan siswa yang amatir dalam menyelesaikan masalah, siswa yang mahir menyelesaikan masalah dalam waktu yang relatif lebih singkat dan ketepatan jawaban mereka juga tinggi, fleksibilitas pergerakan mereka berpindah di antara representasi juga relatif cepat.

Dengan adanya perbedaan itu, maka ketika seseorang memecahkan suatu masalah fisika, diharapkan ia akan melakukan langkah pemecahan masalah seperti yang dilakukan oleh para ahli atau seseorang yang mahir. Oleh sebab itu, beberapa ahli merumuskan langkah-langkah pemecahan masalah yang dilakukan oleh seorang yang mahir. Menurut Kohl dan Finkelstein (2008:4), langkah-langkah dalam pemecahan masalah adalah (1) membaca pernyataan yang terdapat dalam masalah yang disajikan dengan suara yang keras maupun di dalam hati, (2) menerjemahkan, mengambil informasi secara langsung dari pernyataan yang terdapat dalam masalah dan menuliskannya kembali, (3) menganalisis, merepresentasikan dengan sistematis untuk memahami ataupun menyelesaikan masalah, itu termasuk membangun representasi pelengkap seperti diagram benda bebas atau gambar lainnya, (4) mengeksplorasi, versi yang sedikit tidak terstruktur dibandingkan menganalisis, di bagian ini siswa mencari atau mencoba untuk menemukan cara menyelesaikan masalah, misalkan mencari rumus dari buku, dan sebagainya, (5) merencanakan, mengatur rencana untuk menyelesaikan masalah, sebelum memulai mengimplementasikannya, bisa jadi siswa kembali ke fase menganalisis, (6) mengimplementasikan, dalam mengimplementasikan ini sangat terpaku pada proses matematis untuk mendapatkan hasil yang diinginkan dari masalah yang disajikan, (7) memverifikasi, setelah memperoleh hasil, siswa kembali mengecek kebenaran dari jawaban tersebut. Sementara, langkah pemecahan masalah menurut Polya (Dhillon, 1998: 381) antara lain, memahami masalah, menentukan hubungan antara data dan kuantitas yang tidak diketahui, menemukan masalah tambahan jika tidak dapat langsung ditemukan

hubungannya, merancang rencana solusi, melaksanakan rencana, dan memeriksa solusi yang diperoleh.

Rojas (2010:24) mengurutkan pemecahan masalah menjadi beberapa langkah, antara lain (1) memahami masalah, pada tahap ini siswa harus yakin mengenai masalah yang ada, bisa dengan mengajukan pertanyaan seperti; apa variabel yang telah diketahui, bagaimana kondisi sistemnya, apa memungkinkan untuk memenuhi kondisi sistem tersebut, apa kondisi yang ada sudah cukup untuk menentukan variabel apa saja yang belum diketahui, dan sebagainya, (2) membuat deskripsi kualitatif dari masalah, pada tahap ini siswa perlu untuk memikirkan dan menuliskan prinsip, hukum, formula yang dapat membantu mereka memecahkan masalah, (3) merencanakan solusi, pada tahap ini siswa mencoba memikirkan masalah yang lebih familiar yang memiliki variabel yang diketahui dan variabel yang tidak diketahui yang sama, (4) melaksanakan rencana, siswa akan mencoba untuk menemukan solusi dengan persamaan matematis yang sesuai, (5) memverifikasi konsistensi internal dan koherensi persamaan yang digunakan, siswa menemukan solusi untuk persamaan matematis dan mereka perlu memeriksa apakah variabel-variabelnya sudah tepat dan sebagainya, (6) memeriksa dan mengevaluasi hasil yang diperoleh, setelah hasil diperoleh maka kemasuk-akalannya perlu dievaluasi. Sementara itu, beberapa strategi atau aktivitas dalam memecahkan masalah yang dirangkum oleh Dhillon (1998:385) antara lain, pengecekan, representasi gambar, representasi kuantitatif, pembacaan pertanyaan, mengaitkan kuantitas, referensi, penggunaan simbol, klarifikasi, perbandingan, menyatakan kuantitas, kualifikasi, analisis kualitatif,

rekapitulasi, dan menyelesaikan kesulitan. Dari beberapa pendapat tersebut, dapat disimpulkan mengenai tahapan yang dilakukan oleh para ahli ketika menyelesaikan masalah fisika dalam tabel 7.

Tabel 7. Langkah/ Strategi Pemecahan Masalah

Langkah Pemecahan Masalah Menurut Ahli			Sintesis
Kohl & Finkelstein (2008:4)	Rojas (2010:24)	Polya (Dhillon, 1998: 381)	
1. membaca pernyataan yang terdapat dalam masalah yang disajikan 2. menerjemahkan, mengambil informasi dari masalah 3. menganalisis, merepresentasikan dengan sistematis untuk memahami ataupun menyelesaikan masalah 4. mengeksplorasi, mencoba untuk menemukan cara menyelesaikan masalah 5. merencanakan, mengatur rencana untuk menyelesaikan masalah 6. mengimplemen- tasikan 7. memverifikasi, mengecek kebenaran dari hasil yang diperoleh	1. memahami masalah, 2. membuat deskripsi kualitatif dari masalah, 3. merencanakan solusi 4. melaksanakan rencana 5. memverifikasi konsistensi dan koherensi persamaan yang digunakan 6. memeriksa dan mengevaluasi hasil yang diperoleh	1. memahami masalah 2. merancang rencana solusi 3. melaksanakan rencana 4. memeriksa solusi yang diperoleh.	1. Memahami masalah 2. Menganalisis informasi yang terdapat pada masalah 3. Membuat representasi yang sistematis untuk memahami atau menyelesaikan masalah 4. Merencanakan solusi dan mengimplikasikan-nya 5. Memeriksa hasil yang telah diperoleh

Ainsworth (1999:137) menyebutkan bahwa representasi dan strategi penyelesaian masalah itu berinteraksi dengan erat. Tidak ada representasi tertentu yang terbukti lebih efektif dari representasi yang lain. Namun, ketika siswa menggunakan lebih dari satu representasi, kinerja mereka dalam menyelesaikan masalah secara signifikan lebih efektif daripada saat mereka hanya menggunakan satu representasi. Hal tersebut karena setiap representasi memiliki keterbatasannya masing-masing, sehingga beralih di antara berbagai representasi itu, membuat pemecahan masalah menjadi lebih berhasil. Hal yang serupa juga disebutkan Hestenes (1996:16) bahwa pemecahan masalah itu merupakan hal yang penting, tetapi hal itu harus dilakukan dengan menggunakan representasi untuk dapat diselesaikan. Mengonstruksi representasi dari suatu situasi atau proses merupakan tujuan yang harus dicapai dan harus ada dalam pemecahan masalah (Devi, Tiberghien, Baker, & Brna, 1996:260). Menurut Hubbbber dan Tytler (2017) tes multirepresentasi (baik fungsinya sebagai formatif dan sumatif) diperlukan untuk memberikan peluang bagi siswa dalam menghasilkan dan menafsirkan berbagai representasi sehingga dapat menyelesaikan suatu masalah dengan lebih baik. Dengan demikian, tabel 8 berikut yang menampilkan kaitan antara langkah pemecahan masalah, kemampuan multirepresentasi, dan kemampuan siswa dalam tes multirepresentasi fisika.

Tabel 8. Keterkaitan Kemampuan Pemecahan Masalah dan Kemampuan Multirepresentasi

Kemampuan Pemecahan Masalah (Hasil Sintesis)	Kemampuan Multirepresentasi (Etkina et al., 2006:3)	Kemampuan yang Harus Dimiliki Siswa Dalam Menyelesaikan Tes Multirepresentasi Fisika			
1. Memahami masalah 2. Menganalisis informasi yang terdapat pada masalah	1. Kemampuan untuk memahami informasi dengan ringkas dan tepat dari suatu representasi pada soal	Memahami masalah pada soal yang disajikan			
3. Membuat representasi yang sistematis untuk memahami atau menyelesaikan masalah 4. Merencanakan solusi dan mengimplikasikan-nya	2. Kemampuan untuk menyusun atau menciptakan kembali jenis representasi yang lain dari suatu representasi yang berbeda 3. Kemampuan menilai konsistensi dari berbagai macam bentuk representasi dan melakukan modifikasi saat diperlukan.	Indikator Kemampuan Tiap Aspek Representasi (Hasil Sintesis)			
		Verbal	Diagram	Grafik	Matematis
		1. Membangun interpretasi terhadap prinsip atau hukum fisika 2. Menghubungkan definisi atau konsep fisika pada situasi yang terjadi sehari-hari 3. Membuat metafora atau analogi dari prinsip atau konsep fisika	1. Membuat diagram benda bebas atau bentuk diagram lainnya 2. Mengidentifikasi arah gaya dan labelnya 3. Mengelompokkan berbagai gaya yang bekerja dalam sistem	1. Memahami fitur-fitur suatu grafik 2. Menyesuaikan informasi narasi terhadap fitur grafik yang relevan 3. Menginterpretasi perubahan tinggi atau perubahan kemiringan dari suatu grafik 4. Menghubungkan dari satu tipe grafik ke tipe grafik yang lain 5. Menghubungkan antara grafik dan formula matematis	1. Membangun persamaan yang relevan berdasarkan pertimbangan sistem fisik 2. Memprediksi implikasi formula matematis terhadap perubahan pada suatu objek atau prinsip fisika 3. Mengaplikasikan nilai dari variabel ke dalam perhitungan matematis
5. memeriksa hasil yang telah diperoleh		Menilai konsistensi alasan yang paling tepat dengan pilihan jawaban			

Pemecahan masalah dalam tes multirepresentasi merupakan pemecahan masalah yang menggunakan beragam jenis representasi, yaitu verbal, diagram, grafik, dan matematis (van Heuvelen & Xueli Zou, 2001:184). Lebih lanjut, van Heuvelen dan Xueli Zou (2001:184) memaparkan bahwa masalah biasanya dideskripsikan dengan kata-kata (representasi verbal), kemudian untuk lebih memahami prosesnya, kuantitas fisika yang terdapat dalam sistem, serta interaksi antar variabel dan deskripsinya, maka digunakan representasi diagram (dengan berbagai jenisnya) dan juga representasi grafik, lalu diselesaikan dengan representasi matematis (van Heuvelen & Xueli Zou, 2001: 184). Pendapat itu serupa dengan paparan Etkina et al. (2006:3) yang menyatakan bahwa dalam soal pemecahan masalah fisika, masalah seringkali diberikan dalam bentuk representasi verbal dari suatu proses fisika yang membutuhkan penyelesaian dari proses tersebut. Kemudian, siswa akan memulai analisisnya dengan menggambar sketsa (representasi diagram) untuk memahami proses yang terjadi dan mengetahui informasi yang ada dalam masalah yang diajukan. Hal tersebut akan membantu siswa mengonstruksi representasi matematis dari proses tersebut. Menurut Hubber dan Tytler (2017:146) pendekatan konstruksi multirepresentasi dalam pembelajaran atau tes biasanya, diawali dengan permasalahan yang disajikan dengan format representasi verbal, lalu harus dipahami dan dianalisis sebagai sebuah keterkaitan dengan representasi lain. Hasilnya, tes yang didesain dengan multirepresentasi dapat mendorong respon tingkat tinggi yang mungkin siswa memiliki pemahaman dan penalaran lebih mendalam (Hubber & Tytler, 2017:158). Dari beberapa pendapat para ahli tersebut, terdapat indikasi bahwa tes

multirepresentasi itu harus menyajikan aspek representasi secara berurutan, representasi verbal dahulu, lalu dianalisis menggunakan aspek representasi diagram dan grafik, dan diselesaikan dengan representasi matematis sehingga langkahnya menjadi serupa dengan urutan langkah penyelesaian masalah yang berarti hanya memberikan pilihan penyajian bentuk soal berupa uraian.

Namun, menurut Ainsworth (1999:148) penilaian pada multirepresentasi bisa dilakukan dengan melihat kompetensi yang perlu dimiliki siswa dalam tiap-tiap aspek representasi. Bila siswa telah memahami aspek yang harus dikuasai pada masing-masing aspek representasi, hal itu sudah memberikan informasi mengenai kemampuan multirepresentasi siswa. Hal ini berarti, tes multirepresentasi bisa disajikan dengan bentuk pilihan ganda yang tiap butir soal dapat memuat indikator tiap aspek representasi yang harus dikuasai dalam kemampuan multirepresentasi secara terpisah, tidak harus selalu satu soal memuat semua aspek representasi yang harus diselesaikan secara berurutan pada bentuk soal uraian. Senada dengan pendapat tersebut, Yusup (2009) juga mengatakan bahwa tes multirepresentasi bisa disajikan dengan beberapa pilihan, yaitu (a) memberikan satu representasi sebagai masalah, lalu meminta siswa membuat representasi lain yang setara, (b) memberikan dua atau lebih representasi, kemudian meminta siswa menguji kesetaraan representasi-representasi itu, atau (c) memberikan satu representasi, dan meminta siswa memilih representasi yang setara dari pilihan ganda yang tersedia. Dari kedua pendapat tersebut, tes multirepresentasi bisa disajikan dengan tipe soal pilihan ganda. Dengan pertanyaan (masalah) yang biasanya disajikan dalam bentuk representasi verbal,

tetapi bisa juga dengan bentuk representasi lain, lalu dianalisis dan dipecahkan dengan aspek representasi yang mana setiap aspek representasi memiliki indikator masing-masing untuk mengukur kemampuan peserta didik dalam menguasai seluruh aspek representasi dari kemampuan multirepresentasi.

2. Kecerdasan Majemuk

Kecerdasan majemuk pertama kali diperkenalkan oleh Howard Gardner dengan Project Zero. Gardner mendefinisikan kecerdasan sebagai potensi biopsikologis dalam memproses informasi yang dapat diaktifkan pada lingkungan budaya untuk menyelesaikan masalah atau membuat produk yang bernilai dalam suatu budaya (1999:33-34). Sementara itu, kecerdasan dipandang Mkpang (2016:34) sebagai seperangkat kemampuan dan keterampilan yang dapat membantu pembelajar sebagai individu untuk memahami dan menghubungkan ke berbagai jenis konten untuk belajar. Dengan pendekatan bahwa potensi biopsikologis seseorang dalam memproses informasi berbeda-beda pada tiap-tiap orang, maka kemudian Gardner mengidentifikasi beragam jenis kecerdasan yang dimiliki manusia. Gardner pada awalnya mengajukan 7 jenis kecerdasan majemuk (2011:77-251) dan merevisinya dengan menambahkan jenis kecerdasan ‘baru’ (1999:41-50). Beberapa jenis kecerdasan majemuk tersebut antara lain.

- 1) Kecerdasan Linguistik (Gardner, 1999:41) melibatkan kepekaan terhadap bahasa lisan dan tulisan, kemampuan untuk belajar bahasa, dan kapasitas untuk menggunakan bahasa untuk mencapai tujuan tertentu. Orang dengan kecerdasan linguistik yang dominan, berpikir dengan kata-kata (Armstrong, 2009:33) dan sangat baik dalam mengingat kata-kata, mengingat kembali

informasi verbal dan mengungkapkannya ulang (Fahim et al., 2010:2; Cardenas et al., 2015:21; Richards & Rodgers, 2001:121).

- 2) Kecerdasan Logika-Matematis (Gardner, 1999:42; Armstrong, 2009:33; Richards & Rodgers, 2001:121) melibatkan kapasitas untuk menganalisis masalah secara logis, melakukan operasi matematika, dan menyelidiki masalah secara ilmiah, dan orang-orang dengan kecerdasan logika-matematis yang dominan sangat baik dalam melakukan hal tersebut (Fahim et al., 2010:2; Cardenas et al., 2015:21). Matematikawan, ahli logika, dan ilmuwan merupakan profesi yang sering mengeksploitasi kecerdasan logis-matematis.
- 3) Kecerdasan Musikal (Gardner, 1999:42; Fahim et al., 2010:3; Armstrong, 2009:33) memerlukan keterampilan dalam kinerja, komposisi, dan apresiasi pola musik, sangat peka terhadap suara atau bunyi, sering bernyanyi bersiul atau bersenandung (Jasine, 2016:22) ketika melakukan aktivitas lain.
- 4) Kecerdasan Kinestetik (Gardner, 1999:42) memerlukan potensi untuk menggunakan seluruh tubuh atau bagian tubuh seseorang untuk menyelesaikan masalah atau membuat produk. Orang yang memiliki jenis kecerdasan ini memproses informasi melalui sensasi yang dirasakan pada badan mereka dan mereka sangat baik dalam hal tersebut (Fahim et al., 2010:3; Armstrong, 2009:33). Mereka lebih nyaman mengomunikasikan informasi dengan peragaan (demonstrasi) atau pemodelan (Jasine, 2016:25). Penari, aktor, dan atlet mengedepankan kecerdasan kinestetik. Namun, bentuk kecerdasan ini juga penting untuk pengrajin, ahli bedah, ilmuwan, mekanik, dan banyak profesional yang berorientasi pada hal teknis lainnya.

- 5) Kecerdasan Spasial (Gardner, 1999:42) menampilkan potensi untuk mengenali dan memanipulasi pola ruang luas (yang digunakan misalnya oleh navigator dan pilot) serta pola area yang lebih terbatas yang penting bagi pematung, ahli bedah, pemain catur, grafik seniman, atau arsitek. Orang-orang dengan kecerdasan spasial yang dominan memiliki kemampuan yang sangat baik terhadap grafik dan diagram, memahami dan membuat peta, dan membuat sketsa (Fahim et al., 2010:3; Cardenas et al., 2015:21; Armstrong, 2009:33; Richards & Rodgers, 2001:121).
- 6) Kecerdasan Interpersonal (Gardner, 1999:43; Armstrong, 2009:33) menunjukkan kapasitas seseorang untuk memahami maksud, motivasi, dan keinginan orang lain sehingga akan berguna ketika bekerja dengan orang lain. Petugas pemasaran, guru, dokter, tokoh agama, pemimpin politik, dan aktor merupakan profesi yang membutuhkan kecerdasan interpersonal yang tinggi.
- 7) Kecerdasan Intrapersonal (Gardner, 1999:42; Armstrong, 2009:33) melibatkan kapasitas untuk memahami diri sendiri, memiliki model kerja diri yang efektif termasuk keinginan, ketakutan, dan kapasitas diri sendiri, serta menggunakan informasi tersebut secara efektif dalam mengatur kehidupan sendiri (Jasine, 2016:27). Kecerdasan intrapersonal (Jasine, 2016:28) acapkali dipertautkan dengan kemampuan intuitif.
- 8) Kecerdasan Naturalis (Gardner, 1999:48-50) menggabungkan deskripsi kemampuan inti dengan karakterisasi peran yang dihargai oleh banyak budaya. Seorang naturalis mempunyai keahlian dalam melakukan klasifikasi terhadap berbagai spesies flora dan fauna dari lingkungannya. Naturalis

merasa nyaman di dunia organisme dan bisa jadi memiliki bakat untuk merawat, menjinakkan, atau berinteraksi dengan sangat baik pada berbagai makhluk hidup (Armstrong, 2009:33). Potensi seperti itu terdapat pada banyak peran, mulai dari pemburu hingga nelayan, petani, tukang kebun, dan koki. Bahkan kemampuan seperti mengenali mobil dari suara mesin, atau mendeteksi pola baru di laboratorium ilmiah, atau membedakan gaya artistik, dapat memanfaatkan mekanisme suatu organisme karena keahliannya untuk membedakan spesies beracun dan tidak beracun, dan sebagainya. Dengan demikian, ada kemungkinan bahwa bakat mengenali pola alam dan lingkungan dari seorang seniman, penyair, ilmuwan di bidang sosial maupun sains, semuanya dibangun di atas dasar keterampilan perseptual kecerdasan naturalis.

Perspektif kecerdasan majemuk ini memberikan fakta bahwa setiap orang memiliki ragam kecerdasan yang berbeda. Oleh sebab itu, ketika kesadaran mengenai perbedaan individu ini diterapkan dalam pembelajaran maka hal tersebut akan memberikan pemahaman bahwa pembelajaran harus dirancang agar berdampak baik untuk semua siswa (Felder & Brent, 2005:69). Hal tersebut juga diungkapkan oleh Chan (2000:192) yang mengatakan bahwa perspektif kecerdasan majemuk mengonseptualisasikan peningkatan pembelajaran dengan melibatkan sebanyak mungkin kecerdasan majemuk yang dimiliki siswa dalam pembelajaran.

Beberapa peneliti menyatakan bahwa kecerdasan majemuk memiliki dampak baik dalam peningkatan pembelajaran, serta memberikan manfaat kepada

pendidik dan juga peserta didik. Kecerdasan majemuk merupakan variabel penting yang memberikan dampak baik terhadap prosedur pembelajaran pada siswa (Jeevitha & Vanitha, 2017:310). Pembelajaran fisika dengan pendekatan kecerdasan majemuk terbukti efektif meningkatkan minat belajar siswa dan juga prestasi belajarnya (Mkpanang, 2016:42; Pratiwi et al., 2018:1), serta meningkatkan kemampuan pemecahan masalah (Yulianti, 2017:215) pada siswa.

Mengetahui kecerdasan majemuk dominan yang dimiliki sangat baik penting dilakukan baik pada siswa maupun pada gurunya (Aydemir & Karali, 2014:168; Hassan et al., 2017:28; Ahvan et al., 2016:33). Menurut Chan (2000:195), dari informasi profil kecerdasan majemuk siswa tersebut, guru dapat merefleksikan konsep yang ingin mereka ajarkan dan mengidentifikasi kecerdasan yang tampaknya paling tepat untuk mengomunikasikan topik atau pokok bahasan tertentu. Informasi itu juga memungkinkan guru untuk menanamkan atau mengintegrasikan sebanyak mungkin berbagai kecerdasan ke dalam desain pembelajaran sehingga siswa memiliki banyak kesempatan untuk menggunakan kecerdasan majemuknya untuk mendapatkan pengetahuan, memproses informasi, dan memperdalam pemahaman mereka. Dengan kecerdasan majemuk, guru dapat memberikan jalan dan cara yang berbeda-beda kepada siswanya untuk belajar dibandingkan hanya memberikan semua informasi pengetahuan melalui pendekatan yang “sama untuk semua” (Felder & Brent, 2005:69; Ahvan et al., 2016:33) sehingga pengalaman belajar yang beragam itu dapat membentuk hasil belajar yang lebih baik pula (Mkpanang, 2016:35; Aydemir & Karali, 2014:168). Sintanakul dan Sanrach (2016:556-558) bahkan membuat keterkaitan bahwa

dengan mendapatkan informasi kecerdasan majemuk dominan pada siswa dapat membantu para guru dan pemegang kebijakan pendidikan untuk membuat rencana pembelajaran untuk para siswa. Sementara, manfaatnya bagi siswa untuk mengenali kecenderungan kecerdasan majemuk dominan mereka sendiri mereka (Chan, 2000:193; Hassan et al., 2017:28) adalah agar membantu siswa untuk belajar dengan lebih baik ketika mereka lebih mengenali kekuatannya dan dapat mereka gunakan dalam kehidupan sehari-hari.

Berbagai instrumen untuk mengetahui mengenai profil kecerdasan majemuk telah banyak dikembangkan oleh berbagai peneliti (Shearer, 1997; Armstrong, 2009:22-25; Tirri & Nokelainen, 2008: 212-213; McClellan & Conti, 2008: 33-34). Diantaranya adalah *Multiple Intelligence Development Assessment Scale* (MIDAS) yang dikembangkan oleh C. Branton Shearer dengan beberapa variasinya. MIDAS bahkan telah diterjemahkan dan diujicobakan ke dalam bahasa lain seperti Arab (Al Onizat, 2014:590-605), Persia/ Iran (Saeidi, Ostvar, Shearer & Jafarabadi, 2012:116-134), dan Turki (Saban, Shearer, Kayıran, & Işık, 2012:651-666). Tabel 9 adalah area kecerdasan majemuk dan indikator pada tiap area tersebut yang dijelaskan oleh Shearer (1997; 2018:2).

Tabel 9. Area dan Indikator Kecerdasan Majemuk

Area Kecerdasan Majemuk	Indikator Penilaian Kecerdasan
Musikal	Kemampuan vokal <i>Kemampuan untuk bernyanyi dengan baik dalam nada dan harmoni</i>
	Kemampuan memainkan alat musik <i>Kemampuan dan pengalaman memainkan alat musik</i>
	Mengomposisi <i>Kemampuan untuk membuat lirik lagu atau puisi dan mempunyai nada atau irama dalam pikirannya</i>
	Apresiasi

	<i>Tertarik mengenai musik, dengan berbagai genrenya</i>
Kinestetik	Atletis <i>Terlibat dan memiliki kemampuan dalam olahraga maupun kegiatan fisik yang lainnya</i>
	Kemampuan bekerja dengan tangan atau pergerakan yang ekspresif lainnya
Matematis-Logis	Kemampuan matematika di sekolah <i>Kemampuan dalam pelajaran matematika di sekolah</i>
	Kemampuan matematis sehari-hari <i>Menggunakan matematika secara efektif dalam kehidupan sehari-hari</i>
	Kemampuan memecahkan masalah sehari-hari <i>Memiliki rasa keingintahuan, menggunakan alasan yang logis dalam memecahkan masalah sehari-hari</i>
	Strategi permainan <i>Memiliki kemampuan dan strategi yang baik saat bermain</i>
Spasial	Kepekaan terhadap ruang <i>Kemampuan memecahkan masalah orientasi spasial dan pergerakan objek dalam ruang, seperti mengendarai kendaraan dan menentukan arah</i>
	Kemampuan bekerja dengan objek <i>Kemampuan membangun, mendekorasi, mengatur, atau memperbaiki sesuatu</i>
	Kemampuan mendesign hal yang artistik
Linguistik	Kepekaan terhadap ekspresi <i>Sangat memperhatikan serta menggunakan bahasa dalam komunikasi maupun berekspresi</i>
	Kemampuan beretorika <i>Menggunakan bahasa secara efektif dalam negosiasi pribadi, dalam kegiatan di sekolah, di rumah, maupun dengan teman-teman</i>
	Kemampuan menulis-akademis <i>Menggunakan kata-kata dengan baik saat menulis laporan, surat, cerita, serta sangat baik dalam mengingat kata-kata dan membaca.</i>
Interpersonal	Kepekaan secara sosial <i>Peka dan sangat perhatian terhadap orang lain</i>
	Pendekatan sosial <i>Kemampuan untuk mempengaruhi orang lain</i>
	Pekerjaan interpersonal <i>Tertarik dan menyukai pekerjaan-pekerjaan yang berorientasi pada orang lain</i>
Intrapersonal	Kemampuan mengenali diri sendiri <i>Kepekaan dalam mengenali diri sendiri dan kemampuan untuk mencapai tujuan pribadi baik dalam sekolah maupun pencapaian</i>

	<i>lainnya</i>
	Kemampuan memecahkan masalah pribadi <i>Kepekaan diri dalam menyelesaikan masalah terkait menggunakan intuisi dengan tepat</i>
Naturalis	Kemampuan memahami binatang <i>Kepekaan terhadap karakteristik dan perilaku berbagai jenis binatang dan kebutuhannya</i>
	Bekerja dengan tumbuhan <i>Kemampuan untuk memahami dan merawat tanaman</i>
	Kepekaan dengan alam <i>Kepekaan dan kepedulian terhadap alam dan lingkungan</i>

Profil kecerdasan majemuk siswa memberikan gambaran keseluruhan dari berbagai faktor dalam diri siswa (yaitu kekuatan dan kelemahan ataupun suka dan tidak suka) yang merupakan bagian dari fungsi intelektual dan kemampuan siswa (Chan, 2000:197). Dengan demikian, kecerdasan majemuk yang dimiliki akan berkaitan dengan pengalaman belajar siswa (Hajhashemi, Caltabiano, Anderson, & Tabibzadeh, 2018:167), preferensi belajarnya (Biscardi, da Costa, Rodrigues, Petterle, & de Fraga, 2019:135), berkaitan dengan pengaturan mandiri dan kepercayaan diri (Mahasneh, 2013:1), keterampilan proses sains dan preferensi pengajaran sains (Samsudin at al., 2015:53), dan preferensi seseorang terhadap suatu hal, misalnya games (Sajjadi, Vlieghe, & Troyer, 2017:330; Aleksić & Ivanović, 2016:697). Selain itu, profil kecerdasan majemuk siswa ini dapat digunakan dalam pembelajaran sebagai dasar untuk merancang rencana pembelajaran dengan sepenuhnya memanfaatkan kekuatan siswa untuk mengembangkan kapasitas pada kecerdasan mereka yang dominan maupun yang lemah. Siswa yang mempunyai dominasi kecerdasan yang berbeda, akan belajar dengan cara yang berbeda-beda sesuai dengan kecerdasannya, dan multirepresentasi memberikan kesempatan belajar yang optimal bagi setiap jenis

kecerdasan (Yusup, 2009). Ketika siswa menggunakan multirepresentasi dalam pembelajaran sebagai sumber informasi dalam memahami konsep, siswa akan punya pilihan untuk memilih sumber yang bagaimana yang lebih mereka sukai (Opfermann et al., 2017:1). Hal senada juga diungkapkan Ainsworth (1999:136) yang menyebutkan bahwa mutirepresentasi bisa disajikan dengan pilihan beberapa representasi sehingga siswa dapat bekerja dengan pilihan yang mereka sukai. Dari penyajian dalam beragam bentuk itu, siswa yang memiliki berbagai tingkat pengalaman dan keahlian dengan representasi yang berbeda, dapat dengan bebas memilih dan mengeksplorasi representasi yang mereka rasa paling akrab dalam kegiatan pembelajaran yang dilakukan.

Dalam pembelajaran, tentu akan ada penilaian untuk mengukur pemahaman konsep dan kemampuan peserta didik dalam memecahkan suatu masalah, selain juga menginformasikan mengenai kualitas pengajaran. Berdasarkan hasil penilaian tersebut, guru mungkin merasa perlu untuk mengevaluasi kembali proses pengajaran yang telah dilakukannya untuk meningkatkan dan memperdalam pemahaman tentang bidang konten tertentu. Dilihat dengan cara ini, penilaian adalah bagian integral dari proses belajar mengajar yang teratur (Chan, 2000:197). Adanya penilaian dalam pembelajaran multirepresentasi akan memungkinkan guru memantau dan menanggapi variasi perubahan pemahaman siswa (Hubber & Tytler, 2017:158). Untuk melakukan penilaian terhadap pembelajaran multirepresentasi maka harus diukur melalui tes multirepresentasi. Yusup (2009) menerangkan bahwa pada prakteknya tes multirepresentasi bisa dilakukan dengan meminta siswa menjawab semua format

soal multirepresentasi (yang disajikan dalam berbagai jenis representasi), kemudian guru dapat menganalisis pada format apa siswa lebih banyak menjawab benar. Hal ini dapat memberikan kesempatan guru memperoleh informasi dari hasil pengukuran tersebut untuk meningkatkan kualitas pembelajarannya. Adanya hasil tes multirepresentasi ini dapat dihubungkan dengan profil kecerdasan majemuk yang dimiliki siswa agar informasi tersebut dapat digunakan oleh guru dalam meningkatkan pembelajaran ke depannya.

Keterkaitan antara kecerdasan majemuk dan multirepresentasi telah disinggung oleh beberapa ahli. Seseorang dengan kecerdasan linguistik yang dominan sangat baik kemampuannya dengan kata-kata, mengingat kembali informasi verbal dan mengungkapkannya ulang (Armstrong, 2009:33; Richards & Rodgers, 2001:121; Fahim et al., 2010:2; Cardenas et al., 2015:21). Artinya kecerdasan linguistik memiliki keterkaitan dengan multirepresentasi pada aspek representasi verbal. Sementara itu, seseorang dengan kecerdasan logika-matematis yang dominan sangat baik dalam menganalisis masalah secara logis, melakukan operasi matematika, dan menyelidiki masalah secara ilmiah (Armstrong, 2009:33; Richards & Rodgers, 2001:121; Fahim et al., 2010:2; Cardenas et al., 2015:21). Hal ini menyatakan bahwa kecerdasan logika-matematis memiliki kaitan dengan multirepresentasi pada aspek representasi matematis. Seseorang dengan kecerdasan spasial yang dominan memiliki kemampuan yang sangat baik terhadap grafik dan diagram, memahami dan membuat peta, dan membuat sketsa (Armstrong, 2009:33; Richards & Rodgers, 2001:121; Fahim et al., 2010:2; Cardenas et al., 2015:21). Pernyataan tersebut juga menerangkan bahwa

kecerdasan majemuk berkaitan dengan multirepresentasi pada aspek representasi grafik dan representasi diagram. Pendapat para ahli tersebut juga sejalan dengan pandangan Opfermann et al. (2017:1) yang mengindikasikan bahwa multirepresentasi punya keterkaitan dengan kecerdasan majemuk, dalam hal ini kecerdasan dominan yang dimiliki (dan disukai) oleh siswa. Ainsworth (1999:136) juga menyebut seringkali terdapat dugaan bahwa preferensi representasi yang dipilih atau dikuasai siswa bukan hanya berasal dari pengalaman, tetapi juga dipengaruhi oleh perbedaan individu yang lebih stabil, salah satunya kecerdasan yang dimiliki peserta didik. Pendapat tersebut diperkuat dari hasil penelitian Kusumawati (2015:62) bahwa tren penggunaan representasi pada mahasiswa fisika yang secara berurutan didominasi matematis, diagram, grafik, dan verbal, dipengaruhi oleh kecerdasan majemuk, kebiasaan, dan lingkungan belajar.

Dalam penelitian Nieminen et al. (2017:177), tidak ada representasi tertentu yang lebih mudah bagi siswa daripada representasi yang lainnya. Sebagai contoh, representasi verbal lebih mudah dipahami daripada representasi grafis pada soal tertentu, tetapi lebih susah dipahami siswa pada soal yang lain. Tampaknya kegunaan dari jenis representasi tergantung pada konteks dan isi dari situasi fisik yang ditampilkan. Kemungkinan lain, meskipun representasi yang berbeda mengandung informasi yang sama tentang kualitas fisik yang disajikan dalam soal (misalnya, besar gaya atau kecepatan), siswa tidak melihat hal tersebut sebagai hal serupa. Pendapat tersebut membuka kemungkinan bahwa representasi yang bisa diselesaikan siswa dengan baik merupakan representasi yang terkait

dengan kecerdasan dominan yang dimilikinya. Hal itu sejalan dengan penelitian Fahim et al. (2010) dalam bidang bahasa yang menerangkan bahwa terdapat korelasi yang positif antara siswa dengan kecerdasan linguistik dan kecerdasan logika yang dominan dan kemampuan siswa tersebut dalam mengerjakan tes toefl bagian “reading”. Artinya siswa yang memiliki kemampuan representasi verbal yang bagus merupakan siswa yang memiliki kecerdasan linguistik dan kecerdasan logika yang dominan. Selanjutnya, penelitian dari Meylinda (2013) juga menyatakan bahwa kelompok siswa dengan kecerdasan interpersonal yang dominan sangat unggul dalam menjawab soal dengan tipe representasi grafik-verbal, kelompok siswa dengan kecerdasan logika-matematis yang dominan sangat baik dalam menjawab soal dengan tipe representasi data-verbal dan gambar-matematis, kelompok dengan kecerdasan linguistik mampu mengerjakan soal dengan tipe representasi verbal-gambar dengan sangat baik, dan soal dengan tipe representasi verbal-simbolis sangat unggul dikerjakan oleh hampir setiap jenis kecerdasan dominan yang dimiliki siswa, kecuali kecerdasan spasial. Hal tersebut menyimpulkan bahwa terdapat keterkaitan antara kemampuan siswa dalam memecahkan masalah multirepresentasi dengan kecerdasan majemuk dominan yang dimilikinya. Dari hasil kajian ini, terdapat indikasi bahwa representasi yang bisa diselesaikan siswa dengan baik merupakan representasi yang terkait dengan kecerdasan dominan yang dimilikinya. Oleh sebab itu, mengetahui korelasi antara hasil tes multirepresentasi fisika peserta didik dengan profil kecerdasan majemuk yang mereka miliki merupakan hal yang penting untuk

diketahui sebagai umpan balik bagi guru dalam meningkatkan pembelajaran ke depannya.

B. Kajian Penelitian Relevan

Dalam fisika penelitian untuk melihat pemahaman siswa terhadap konsep gaya telah dilakukan Bao et al. (2002), Hestenes dan Well (1992), Thornton dan Sokoloff (1998) (dalam Nieminen et al., 2017:165). Tes konsep gaya yang paling dikenal luas dan paling sering dirujuk sebagai instrumen dalam berbagai penelitian pendidikan fisika adalah tes FCI (Frazer, 2017:5) yang sebagian besar berisi representasi verbal dan diagram. Lalu, Nieminen et al. mendesain ulang tes FCI agar menggunakan lebih beragam aspek representasi (seperti grafik, vektor, peta gerak, dan grafik batang) dengan nama R-FCI (Nieminen et al., 2017:165). Namun, tes R-FCI tersebut hanya terfokus pada konsep gaya sehingga penggunaan tes ini dalam penilaian pembelajaran di kelas pada jenjang SMA, baik fungsinya sebagai sumatif maupun formatif menjadi kurang relevan karena tidak mengakomodasi materi fisika yang lain yang terdapat pada semester yang sama dengan topik gaya di jenjang SMA. Oleh sebab itu, perlu dikembangkan tes multirepresentasi yang mengakomodasi materi pelajaran fisika SMA pada satu semester sehingga bisa digunakan sebagai penilaian sumatif maupun formatif dalam kelas.

Aviani et al. (2015) mengembangkan soal pilihan ganda dua tingkat yang berkaitan dengan representasi diagram untuk menginvestigasi bagaimana dampak dua pendekatan dalam menggambar diagram benda bebas terhadap kemampuan siswa memahami hukum Newton, termasuk kemampuan untuk mengidentifikasi

gaya yang nyata/ benar. Dari hasil penelitian ini, didapatkan soal yang valid dan reliabel, serta didapat data statistik bahwa kelompok kontrol yang menggambar diagram benda bebas dengan pendekatan standar/dasar lebih sering mengalami kesalahpahaman dan keliru terhadap gaya yang bekerja pada suatu sistem, dibandingkan kelompok eksperimen yang menggambar diagram dengan pendekatan non-standar. Penggunaan representasi kualitatif, seperti representasi diagram dan representasi grafik, membantu fisikawan memahami proses fisik dari suatu sistem dan melihat pola data tanpa kecenderungan melakukan pendekatan kalkulasi matematis yang rumit (Etkina et al., 2006:2). Pendekatan konstruksi representasi akan mengarah pada peningkatan hasil belajar siswa dan keterlibatan penalaran terhadap suatu ide (Hubber & Tytler, 2017:157).

Penelitian Nieminen et al. (2017:177) menemukan bahwa keterampilan representasi siswa sebelum pembelajaran terkait dengan pembelajaran konseptual mereka. Artinya, secara kuantitatif penemuan tersebut mendukung pentingnya multirepresentasi dalam pembelajaran. Manfaat penggunaan multirepresentasi dalam pembelajaran, terutama dengan teori instruksi pemodelan juga dijelaskan oleh Brewe (2008:1157-1160). Instruksi pemodelan menggunakan representasi sebagai alat karena dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam melihat alasan konseptual dari suatu situasi fisik. Siswa akan mulai mengonstruksi model dengan mempelajari bentuk representasi. Ketika siswa telah diperkenalkan pada beragam representasi, siswa akan diinstruksikan untuk mengoordinasikan dan menerjemahkan antar multirepresentasi tersebut. Multirepresentasi juga akan digunakan dan sangat diperlukan dalam menyelesaikan masalah dengan

menggunakan instruksi pemodelan ini. Penelitian Kusumawati (2015:63) menerangkan bahwa penggunaan multirepresentasi dapat meningkatkan kemampuan komunikasi mahasiswa. Hasil penelitian Hubber dan Tytler (2017:158) menyebut multirepresentasi sangat dibutuhkan bagi siswa untuk memecahkan masalah dan mengomunikasikan penjelasannya.

Hasil penelitian tindakan kelas dari Widiana dan Jampel (2016:254) menjelaskan bahwa pembelajaran dengan menerapkan pendekatan kecerdasan majemuk dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan prestasi pembelajaran sains siswa sekolah dasar. Lebih lanjut, pembelajaran dengan pendekatan kecerdasan majemuk juga membuat siswa lebih menyukai pelajaran sains di sekolah. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Aleksić dan Ivanović (2016:697) menerangkan bahwa terdapat keterkaitan antara preferensi siswa dalam memilih dan kebiasaan mereka memainkan permainan digital dengan kecerdasan dominan yang mereka miliki. Siswa dengan kecerdasan interpersonal yang dominan akan menghabiskan lebih banyak waktu untuk bermain dibandingkan siswa dengan kecerdasan visual/ spasial yang tinggi ataupun siswa yang memiliki kecerdasan natural yang tinggi. Selain itu, Permainan yang penuh tantangan lebih sering dimainkan oleh siswa yang memiliki kecerdasan logika atau matematika yang tinggi. Sementara, permainan olahraga lebih sering dimainkan oleh siswa yang mempunyai kecerdasan kinestetik yang tinggi, permainan strategi merupakan games yang sering dimainkan oleh siswa dengan kecerdasan ritmis/ musik yang tinggi. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian Sajjadi et al. (2017:330) juga menyatakan bahwa kecerdasan majemuk juga

berkorelasi terhadap preferensi games seseorang. Maka dapat disimpulkan dari hasil kedua penelitian tersebut bahwa karakteristik siswa (dalam hal ini adalah kecerdasan majemuk dominan yang dimiliki siswa) mempunyai keterkaitan dengan sikap dan bentuk pilihan yang diambil siswa terkait suatu hal.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Fahim et al. (2010) dalam bidang bahasa juga menerangkan bahwa kemampuan siswa dalam mengerjakan tes toefl bagian “reading” memiliki korelasi yang positif dengan kecerdasan dominan yang dimiliki siswa, yaitu kecerdasan linguistik dan kecerdasan logika. Oleh sebab itu, dapat dikatakan bahwa representasi verbal memiliki kaitan dengan kecerdasan linguistik dan kecerdasan logika.

Kaitan kecerdasan majemuk dengan multirepresentasi juga didukung oleh beberapa penelitian lainnya. Hasil penelitian Kusumawati (2015:62) menyatakan bahwa tren penggunaan representasi pada mahasiswa fisika yang secara berurutan didominasi matematis, diagram, grafik, dan verbal, dipengaruhi oleh kecerdasan majemuk, kebiasaan, dan lingkungan belajar. Penelitian Nieminen et al. (2017:177) mengindikasikan bahwa representasi yang bisa diselesaikan siswa dengan baik merupakan representasi yang terkait dengan kecerdasan dominan yang dimilikinya. Selanjutnya, hasil penelitian dari Meylinda (2013) juga menyatakan bahwa kelompok siswa dengan kecerdasan interpersonal yang dominan sangat unggul dalam menjawab soal dengan tipe representasi grafik-verbal, kelompok siswa dengan kecerdasan logika-matematis yang dominan sangat baik dalam menjawab soal dengan tipe representasi data-verbal dan gambar-matematis, kelompok dengan kecerdasan linguistik mampu mengerjakan

soal dengan tipe representasi verbal-gambar dengan sangat baik, dan soal dengan tipe representasi verbal-simbolis sangat unggul dikerjakan oleh hampir setiap jenis kecerdasan dominan yang dimiliki siswa, kecuali kecerdasan spasial. Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut, dapat dikatakan adanya indikasi bahwa kemampuan multirepresentasi yang dipunyai siswa berkaitan dengan kecerdasan dominan yang dimilikinya.

C. Kerangka Pikir

Kemampuan abad 21 menjadi perhatian banyak pihak pada masa sekarang. Hal tersebut tidak lepas dari kebutuhan dan tantangan zaman yang semakin berkembang. Salah satu kemampuan abad 21 yang penting adalah kemampuan pemecahan masalah. Kemampuan memecahkan masalah ini membutuhkan latihan dan pembiasaan agar menjadi lebih baik, dalam konteks pembelajaran, sayangnya masih menjadi pekerjaan rumah di berbagai negara karena belum berjalan dengan optimal. Salah satu alasan kurang optimalnya kegiatan pemecahan masalah fisika yang ada di sekolah sehingga menyebabkan kemampuan pemecahan masalah peserta didik rendah adalah instrumen tes yang diberikan guru masih berkutat pada soal yang hanya mengandalkan pengerjaan matematis, mengategorikan variabel apa yang diketahui dan ditanyakan, lalu memasukkan nilai variabel ke dalam rumus hingga didapatkan penyelesaian yang diinginkan. Oleh sebab itu, sangat perlu untuk memperhatikan mengenai karakteristik dari pelajaran fisika sehingga dapat diajukan solusi yang tepat.

Fisika merupakan pelajaran yang berkaitan dengan alam dan berbagai gerak serta ruang lingkungannya. Maka, pembelajaran fisika akan dapat dipahami

dangan lebih baik ketika diajarkan dengan berbagai bentuk representasi. Begitu pula dengan penilaian dalam pembelajaran fisika, yaitu pemecahan masalah fisika akan dapat diselesaikan dengan lebih baik dengan menggunakan beragam representasi. Penggunaan beragam bentuk representasi ini dinamakan multirepresentasi. Oleh sebab itu, permasalahan dari instrumen tes yang diberikan guru masih sangat matematis itu bisa diberikan solusi dengan mengembangkan instrumen tes multirepresentasi fisika untuk siswa tingkat SMA

Pengembangan instrumen tes multirepresentasi fisika ini dilakukan dengan melakukan kajian literatur mengenai aspek-aspek yang terdapat dalam multirepresentasi beserta indikator pada tiap aspek tersebut. Berdasarkan hasil kajian literatur, multirepresentasi terdiri atas 4 aspek, yaitu (1) representasi verbal dengan indikator membangun interpretasi terhadap prinsip atau hukum fisika, menghubungkan definisi atau konsep fisika pada situasi yang terjadi sehari-hari, dan membuat metafora atau analogi dari prinsip atau konsep fisika, (2) representasi grafik dengan indikator memahami fitur-fitur suatu grafik, menyesuaikan informasi narasi terhadap fitur grafik yang relevan, menginterpretasi perubahan tinggi atau perubahan kemiringan dari suatu grafik, menghubungkan dari satu tipe grafik ke tipe grafik yang lain, dan menghubungkan antara grafik dan formula matematis, (3) representasi diagram dengan indikator menggambar diagram benda bebas atau bentuk diagram lainnya, memberi label gaya pada diagram, dan mengelompokkan berbagai gaya yang bekerja dalam sistem, (4) representasi matematis dengan indikator membangun persamaan yang relevan berdasarkan pertimbangan sistem fisik, memprediksi

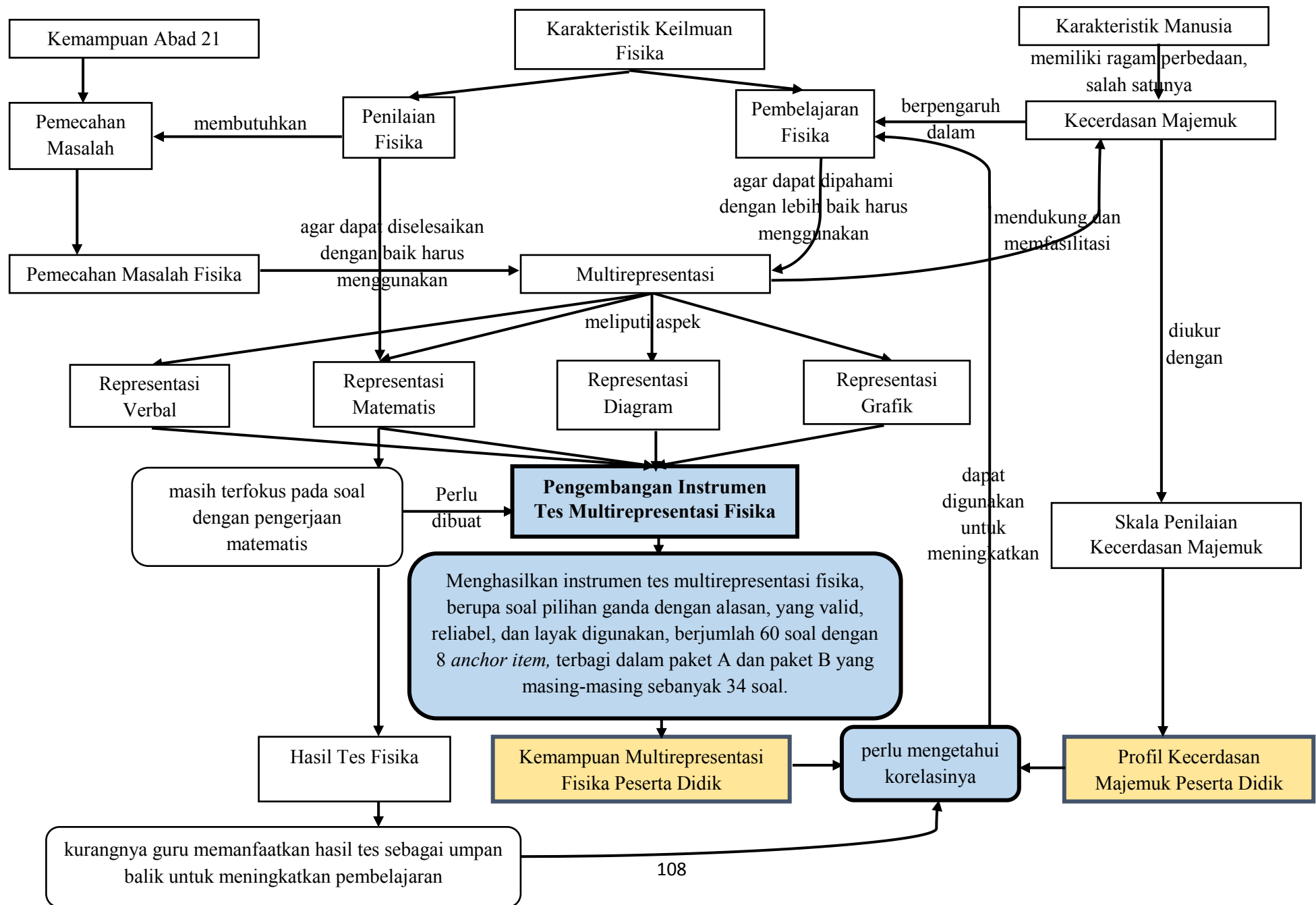
implikasi dari formula matematis terhadap perubahan pada suatu objek atau prinsip fisika, dan mengaplikasikan nilai dari variabel ke dalam perhitungan matematis.

Setelah didapatkan aspek dan indikator dari tiap aspek pada kemampuan multirepresentasi, maka dilakukan penyusunan kisi-kisi soal pada materi fisika SMA kelas X semester 1 yang terdiri dari pengukuran, vektor, gerak lurus (beraturan dan berubah beraturan), Hukum Newton, dan gerak melingkar beraturan. Saat instrumen telah dibuat dan disusun, akan dilakukan validasi isi kepada ahli dan praktisi untuk menilai instrumen, setelah valid secara isi lalu diujicobakan untuk mendapatkan validasi empiris dan reliabilitas dari instrumen tes yang dikembangkan tersebut. Hasil analisis dari data ujicoba tersebut akan menghasilkan instrumen tes multirepresentasi fisika yang valid, reliabel, dan layak digunakan.

Permasalahan kedua dalam penilaian pembelajaran fisika adalah guru kurang memanfaatkan informasi hasil tes yang diperoleh sebagai umpan balik untuk meningkatkan pembelajaran ke depannya. Salah satu informasi dari hasil tes multirepresentasi yang secara teoritis mempunyai indikasi saling mendukung terhadap pembelajaran multirepresentasi fisika adalah kecerdasan majemuk. Kecerdasan majemuk diukur dengan skala penilaian kecerdasan majemuk yang dimodifikasi dari MIDAS dengan pengalihbahasaan yang meliputi 8 area kecerdasan yaitu kecerdasan musikal, kecerdasan kinestetik, kecerdasan logika-matematis, kecerdasan spasial, kecerdasan linguistik, kecerdasan interpersonal, kecerdasan intrapersonal, kecerdasan naturalis. Kemudian skala penilaian

kecerdasan majemuk tersebut dilakukan validasi ahli serta ujicoba empiris untuk melihat validitas dan reliabilitasnya sehingga Skala Penilaian Kecerdasaan Majemuk valid, reliabel, dan layak digunakan.

Dari informasi hasil tes multirepresentasi fisika peserta didik yang diperoleh dan profil kecerdasan majemuk peserta didik yang didapat, maka perlu dilakukan pengujian korelasi untuk mengetahui korelasi antara kategori kemampuan multirepresentasi fisika peserta didik dan kategori kecerdasan majemuk dominan yang mereka miliki. Kemudian informasi tersebut dapat digunakan oleh pendidik sebagai umpan balik untuk meningkatkan pembelajaran fisika yang menggunakan multirepresentasi, ke depannya.



Gambar 3. Kerangka Berpikir

D. Pertanyaan Penelitian

Adapun pertanyaan penelitian yang diajukan dalam penelitian ini meliputi:

1. Bagaimana karakteristik instrumen tes multirepresentasi yang valid, reliabel, dan layak digunakan untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah multirepresentasi peserta didik?
 - a. Apakah instrumen tes multirepresentasi yang dikembangkan valid berdasarkan penilaian ahli?
 - b. Apakah hasil pengujian instrumen tes multirepresentasi memenuhi kecocokan dengan model kredit parsial (*PCM*), memenuhi kategori soal yang valid sesuai hasil data keluaran pada program *Quest* dengan kriteria nilai *kuadrat rata-rata infit (INFIT MNSQ)* sebesar 0,77 hingga 1,30?
 - c. Apakah instrumen tes multirepresentasi yang dikembangkan memiliki tingkat kesukaran yang baik dengan nilai yang memenuhi rentang -2,0 hingga +2,0?
 - d. Apakah keseluruhan butir pada instrumen tes multirepresentasi yang dikembangkan memiliki hubungan yang berbanding terbalik antara fungsi informasi dan standar kesalahan pengukuran (*SEM*)?
 - e. Apakah instrumen tes multirepresentasi yang dikembangkan reliabel?
2. Bagaimana profil kemampuan multirepresentasi fisika peserta didik tingkat SMA di Kabupaten Lahat?

- a. Berapa persentase peserta didik yang memiliki kemampuan multirepresentasi fisika pada kategori sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah?
3. Bagaimana korelasi antara kategori kemampuan tiap aspek multirepresentasi peserta didik dan kategori kecerdasan majemuknya?
 - a. Apakah terdapat korelasi antara kategori kemampuan multirepresentasi aspek representasi verbal dan kategori kecerdasan majemuk peserta didik?
 - b. Apakah terdapat korelasi antara kategori kemampuan multirepresentasi aspek representasi diagram dan kategori kecerdasan majemuk peserta didik?
 - c. Apakah terdapat korelasi antara kategori kemampuan multirepresentasi aspek representasi grafik dan kategori kecerdasan majemuk peserta didik?
 - d. Apakah terdapat korelasi antara kategori kemampuan multirepresentasi aspek representasi matematis dan kategori kecerdasan majemuk peserta didik?